



SKRIPSI – ME 141501

**KAJIAN TEKNIS dan EKONOMIS PENERAPAN
SISTEM PROPULSI *HYBRID* pada *OFFSHORE*
PATROL VESSEL 80 M dengan *CONTROLLABLE*
*PITCH PROPELLER***

RAHMAT KRISTOMI

NRP : 4212 100 023

Dosen Pembimbing:

Ir. Amiadji, M.Sc.

Dr. Eddy Setyo Koenhardono, S.T., M.Sc.

DEPARTEMEN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2017

“Halaman ini sengaja dikosongkan”



BACHELOR THESIS – ME 141501

**TECHNICAL and ECONOMICAL STUDIES of the
APPLICATION of HYBRID PROPULSION SYSTEM
on OFFSHORE PATROL VESSEL 80 M with
CONTROLLABLE PITCH PROPELLERS**

RAHMAT KRISTOMI

NRP : 4212 100 023

Supervisors:

Ir. Amiadji, M.Sc.

Dr. Eddy Setyo Koenhardono, S.T., M.Sc.

DEPARTMENT of MARINE ENGINEERING
FACULTY of MARINE TECHNOLOGY
SEPULUH NOPEMBER INSTITUTE of TECHNOLOGY
SURABAYA
2017

“This page is intentionally left blank”

LEMBAR PENGESAHAN

**KAJIAN TEKNIS dan EKONOMIS PENERAPAN SISTEM PROPULSI
HYBRID pada OFFSHORE PATROL VESSEL 80 M dengan
CONTROLLABLE PITCH PROPELLER**

TUGAS AKHIR

diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Teknik
pada

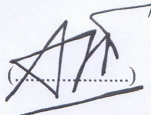
Bidang Studi *Marine Manufacturing and Design* (MMD) Program Studi S-1
Departemen Teknik Sistem Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

oleh :

Rahmat Kristomi
NRP. 4212 100 023

Disetujui oleh dosen pembimbing Tugas Akhir :

1. Ir. Amiadji, M.Sc.



(.....)

2. Dr. Eddy Setyo Koenhardono, S.T., M.Sc. (.....)



**SURABAYA
JULI, 2017**

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LEMBAR PENGESAHAN

KAJIAN TEKNIS dan EKONOMIS PENERAPAN SISTEM PROPULSI *HYBRID* pada *OFFSHORE PATROL VESSEL* 80 M dengan *CONTROLLABLE PITCH PROPELLER*

TUGAS AKHIR

diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Teknik
pada

Bidang Studi *Marine Manufacturing and Design* (MMD) Program Studi S-1
Departemen Teknik Sistem Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

oleh :

Rahmat Kristomi
NRP. 4212 100 023

Disetujui oleh

Kepala Departemen Teknik Sistem Perkapalan



Dr. Eng. Muhammad Badrus Zaman, S.T., M.T.
NIP. 1977 0802 2008 01 1007

SURABAYA
JULI, 2017

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

**KAJIAN TEKNIS dan EKONOMIS PENERAPAN SISTEM PROPULSI
HYBRID pada OFFSHORE PATROL VESSEL 80 M dengan
CONTROLLABLE PITCH PROPELLER**

Nama Mahasiswa : Rahmat Kristomi
NRP : 4212 100 023
Departemen : Teknik Sistem Perkapalan
Dosen Pembimbing 1 : Ir. Amiadji, M.Sc.
Dosen Pembimbing 2 : Dr. Eddy Setyo Koenhardono, S. T., M. Sc.

ABSTRAK

Sebagai suatu kapal patroli, *offshore patrol vessel* (OPV) 80 m memiliki mode operasi yang beraneka ragam: kondisi pengintaian (10 knot), kondisi patroli (18 knot), dan kondisi pengejaran (22 knot). OPV 80 m yang diambil sebagai objek penelitian ini menggunakan sistem *diesel mechanical propulsion* (DMP). Dengan penerapan sistem DMP, *load factor* setiap motor diesel sebagai mesin induk pada kondisi pengintaian dan kondisi patroli masing-masing hanya sebesar 7% dan 49,5%. Padahal *load factor* motor diesel yang diizinkan oleh *engine maker* berada pada rentang (60% ~ 90%) MCR. Dengan penerapan sistem propulsi *hybrid*, diperoleh *load factor* dari *shaft motor* pada kondisi pengintaian sebesar 87,26% dan *load factor* mesin induk pada kondisi patroli dan kondisi pengejaran masing-masing menjadi sebesar 62,10% dan 89,949%. Ditinjau dari aspek ekonomis, selama 30 tahun masa operasi OPV 80 m, total *present value* dari penerapan sistem propulsi *hybrid* jauh lebih rendah daripada sistem DMP dengan selisih sebesar Rp 579.205.295.632,-.

Kata Kunci: profil operasi, *shaft motor*, *load factor*, *diesel mechanical propulsion*

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

**TECHNICAL and ECONOMICAL STUDIES of the APPLICATION of
HYBRID PROPULSION SYSTEM on OFFSHORE PATROL VESSEL
80 M with CONTROLLABLE PITCH PROPELLER**

Name of Student : Rahmat Kristomi
Registration No. : 4212 100 023
Department : Department of Marine Engineering
Supervisor 1 : Ir. Amiadji, M.Sc.
Supervisor 2 : Dr. Eddy Setyo Koenhardono, S. T., M. Sc.

ABSTRACT

As a patrol ship, the offshore patrol vessel (OPV) 80 m has an operational profile consisting several conditions: loitering (10 knots), patrol (18 knots), and interception (22 knots). Applying diesel mechanical propulsion system, load factor of each OPV 80 m's main engine during loitering and patrol conditions in sequence is just about 7% and 49.5%. The load factor permitted by the engine maker ranges between (60% ~ 90%) MCR, however. By applying hybrid propulsion system, the load factor of the OPV 80 m's shaft motor during loitering condition is 87.26% while the load factor of its main engine during patrol and interception conditions becomes 62.10% and 89.949%. In terms of economical aspects, for 30 years of operation period of OPV 80 m, total of present values of hybrid application is significantly much lower than of diesel mechanical application, with the difference between them is IDR 579,205,295,632,-.

Keywords: *operational profile, shaft motor, load factor, diesel mechanical propulsion*

“This page is intentionally left blank”

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Tuhan Yesus Kristus yang karena kasih anugerah-Nya penulis masih diberikan kesempatan untuk mengakhiri pengerjaan Tugas Akhir Skripsi sekaligus pengerjaan laporan resminya yang berjudul “Kajian Teknis dan Ekonomis Penerapan Sistem Propulsi *Hybrid* pada *Offshore Patrol Vessel* 80 M dengan *Controllable Pitch Propeller*”. Laporan Tugas Akhir Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat bagi mahasiswa program sarjana Strata Satu (S1) untuk bisa memperoleh gelar Sarjana Teknik (S.T.) di Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya.

Tugas Akhir Skripsi ini merupakan rangkaian penelitian untuk mempelajari aspek teknis dan aspek ekonomis penerapan sistem propulsi *hybrid* pada OPV 80 m yang menggunakan propeller tipe *controllable pitch propeller* (CPP). Dalam mencapai hasil-hasil penelitian ini, dilakukan beberapa tahapan: prediksi tahanan dan kebutuhan daya propulsi kapal, perhitungan *load factor* dan kebutuhan putaran mesin pada berbagai rasio P/Db baik pada sistem propulsi DMP maupun *hybrid*, penentuan rasio P/Db yang menghasilkan *load factor* optimal dalam batas operasional mesin pada berbagai kondisi operasi kapal, perbandingan unjuk kerja antara sistem propulsi DMP dan *hybrid*, serta perhitungan dan perbandingan biaya investasi, operasional, dan pemeliharaan antara sistem propulsi DMP dan *hybrid*.

Pada kesempatan ini, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak yang telah membantu dalam pengerjaan Tugas Akhir Skripsi ini:

1. Bapak Ir. Amiadji, M.Sc. selaku dosen pembimbing I sekaligus dosen wali penulis;
2. Bapak Dr. Eddy Setyo Koenhardono, S.T., M.Sc. selaku dosen pembimbing II;
3. Bapak Dr. Muhammad Badrus Zaman, S.T., M.T. selaku Ketua Departemen Teknik Sistem Perkapalan FTK-ITS;
4. Bapak Marto Putra, S.T. selaku *sales engineer* dari PT. MTU Indonesia yang telah menyediakan data-data *engine performance diagram* mesin-mesin MTU;
5. Bapak Leo Warner Lolo, S. T. selaku *electrical workshop supervisor* PT. ABB Sakti Industri, Surabaya yang dengan ringan tangan menyediakan data biaya-biaya pemeliharaan mesin-mesin listrik ABB;
6. Bapak (alm.) dan Ibu di Medan yang senantiasa merestui niat baik dan mendukung penulis;

7. *Ito* Melvina yang sering memberi kritik yang membangun sehingga penulis tidak pernah lelah memperbaiki diri;
8. Para senior dan kolega yang segolongan/sealiran maupun yang berseberangan golongan/aliran dengan penulis dalam hal apapun: *Ko* Simon P50, *Andrew* P52, *Stevanus* P52, *Paul* P52, *Comrade R_Bayu* aka *Mbacem* P51, *Comrade* Herlambang P50, *Comrade* Prem P50, *Aa* Syawal P50, *Lae* Sampe P52, *Lae* Erizon P52, *Pablo* P51, *Om Jin* aka *Mr. Azhari* of *UNDIP LJ 2015*, dan teman-teman seangkatan di manapun mereka berada saat ini.
9. Seluruh rakyat Indonesia yang telah membayar pajak sehingga penulis mendapat subsidi biaya SPP dan fasilitas-fasilitas lainnya selama kuliah di kampus negeri ITS walaupun ITS kini statusnya menjadi PTNBH.

Penulis telah mencurahkan segenap daya upayanya untuk menghasilkan penelitian yang berkualitas, dapat dipertanggungjawabkan, dan mudah dimengerti. Besar harapan penulis hasil-hasil penelitian dan segenap pikiran penulis yang tertuang dalam Laporan Tugas Akhir Skripsi ini dapat menjadi referensi yang berguna bagi penelitian lebih lanjut tentang penerapan sistem propulsi *hybrid*.

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL DALAM	i
INNER COVER PAGE	iii
LEMBAR PENGESAHAN	v
LEMBAR PENGESAHAN	vii
ABSTRAK	ix
ABSTRACT	xi
KATA PENGANTAR	xiii
DAFTAR ISI	xv
DAFTAR GAMBAR	xix
DAFTAR TABEL	xxii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	2
1.3 Pembatasan Masalah	2
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Konsep Mode Operasi Sistem Propulsi <i>Hybrid</i>	5
2.1.1 Mode <i>Shaft Motor</i>	6
2.1.2 Mode <i>Shaft Generator</i>	7
2.1.3 Mode Mekanis	7
2.1.4 Mode <i>Booster</i>	8
2.2 Komponen Sistem Propulsi <i>Hybrid</i>	8
2.2.1 Motor Diesel	8
2.2.2 <i>Shaft Generator Motor</i>	9
2.2.3 <i>Frequency Converter</i>	11
2.2.4 <i>Gearbox</i>	13

2.2.5	<i>Controllable Pitch Propeller</i>	13
2.3	Analisis Ekonomis	13
2.3.1	Biaya Investasi.....	14
2.3.2	Biaya Bahan Bakar	15
2.3.3	Biaya Pemeliharaan	15
BAB III METODOLOGI PENELITIAN		17
BAB IV ANALISA DATA		23
4.1	Data Umum Kapal	23
4.1.1	Data Ukuran Utama Kapal.....	24
4.1.2	Data Permesinan dan Kelistrikan Kapal	24
4.2	Prediksi Tahanan Total dan Kebutuhan Daya untuk Propulsi Kapal.....	26
4.3	Analisa <i>Engine – Propeller Matching</i>	29
4.3.1	Analisa <i>Engine – Propeller Matching</i> pada Sistem Propulsi DMP	29
4.3.2	Analisa <i>Engine – Propeller Matching</i> pada Sistem Propulsi <i>Hybrid</i>	38
4.3.2.1	Pemilihan <i>Shaft Motor</i> dan <i>Frequency Converter</i>	38
4.3.2.2	Pemilihan Mesin Induk dan <i>Gearbox</i>	39
4.3.2.3	Pemilihan Propeller	40
4.3.2.4	Analisa <i>Shaft Motor – Propeller Matching</i> untuk Kondisi Pengintaian (10 Knot)	42
4.3.2.5	Analisa <i>Shaft Motor – Propeller Matching</i> untuk Kondisi Patroli (18 Knot)	50
4.3.2.6	Analisa <i>Diesel Engine – Propeller Matching</i> untuk Kondisi Pengejaran (22 Knot)	62
4.4	Analisa Kebutuhan Daya Listrik pada Sistem Propulsi <i>Hybrid</i>	73
4.5	Analisa Unjuk Kerja Sistem Propulsi	76

4.5.1	Analisa Unjuk Kerja Sistem Propulsi DMP.....	76
4.5.1.1	Konsumsi Bahan Bakar pada Kondisi <i>At Port</i>	77
4.5.1.2	Konsumsi Bahan Bakar pada Kondisi Pengintaian (10 Knot).....	77
4.5.1.3	Konsumsi Bahan Bakar pada Kondisi Patroli (18 Knot).....	77
4.5.1.4	Konsumsi Bahan Bakar pada Kondisi Pengejaran (22 Knot).....	78
4.5.2	Analisa Unjuk Kerja Sistem Propulsi <i>Hybrid</i>	79
4.5.2.1	Konsumsi Bahan Bakar pada Kondisi <i>At Port</i>	80
4.5.2.2	Konsumsi Bahan Bakar pada Kondisi Pengintaian (10 Knot).....	80
4.5.2.3	Konsumsi Bahan Bakar pada Kondisi Patroli (18 Knot).....	80
4.5.2.4	Konsumsi Bahan Bakar pada Kondisi Pengejaran (22 Knot).....	82
4.6	Analisa Ekonomis Sistem Propulsi.....	85
4.6.1	Perhitungan Biaya Investasi.....	85
4.6.2	Perhitungan Biaya Bahan Bakar	88
4.6.3	Perhitungan Biaya Pemeliharaan	93
4.6.3.1	Perhitungan Biaya Pemeliharaan Mesin Induk dan Mesin Bantu Penggerak Generator	93
4.6.3.2	Perhitungan Biaya Pemeliharaan Mesin-Mesin Listrik.....	99
4.6.3.3	Perhitungan Biaya Pemeliharaan Sistem Perporosan dan CPP	103
4.6.4	Analisa <i>Present Value</i>	108
BAB V	PENUTUP	113

5.1	Kesimpulan	113
5.2	Saran	114
DAFTAR PUSTAKA.....		115
LAMPIRAN A.....		119
LAMPIRAN B.....		129
LAMPIRAN C.....		131
LAMPIRAN D.....		161
LAMPIRAN E.....		341
LAMPIRAN F.....		349
BIODATA PENULIS.....		353

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1.	<i>Longitudinal view dan fore view OPV 80 m</i>	1
Gambar 2.1.	Konfigurasi sistem propulsi hybrid dengan konsep <i>twin screw</i> CPP	6
Gambar 2.2	Aliran energi pada mode <i>shaft motor</i>	7
Gambar 2.3	Aliran energi pada mode <i>shaft generator</i>	7
Gambar 2.4	Aliran energi pada mode mekanis.....	8
Gambar 2.5	Aliran energi pada mode <i>hybrid</i>	8
Gambar 2.6	<i>Engine performance diagram</i> dari mesin MTU 20V 4000 M73L (MTU, 2003)	9
Gambar 2.7	Grafik karakteristik torsi – kecepatan mesin induksi (www.mpoweruk.com)	10
Gambar 2.8	Replika <i>Microsoft Excel</i> dari kurva torsi vs kecepatan dari mesin induksi ABB M3BP 355 SMC 4 (ABB, 2006)	11
Gambar 2.9	Skema <i>frequency converter</i>	12
Gambar 2.10	Konfigurasi PTO/PTI <i>gearbox</i> (Kwasieckyj, 2013)	13
Gambar 3.1	Diagram alir proses metodologi penelitian	20
Gambar 4.1	Rencana umum OPV 80 m	23
Gambar 4.2	Diagram <i>open water propeller</i> dari propeller Wageningen B4- 65	31
Gambar 4.3	Kurva K_{tHull} vs J pada berbagai V_s	31
Gambar 4.4	Hasil DEPM sistem propulsi DMP untuk kondisi pengintaian (10 knot).....	33
Gambar 4.5	Hasil DEPM sistem propulsi DMP untuk kondisi patroli (18 knot)	35
Gambar 4.6	Hasil DEPM sistem propulsi DMP untuk kondisi pengejaran (22 knot).....	37
Gambar 4.7	Kurva K_{tHull} vs J pada kondisi pengintaian (10 knot)	42

Gambar 4.8	Diagram <i>open water propeller</i> dari propeller Wageningen B4-55	43
Gambar 4.9	Hasil analisa SMPM pada berbagai rasio P/Db untuk $V_s = 5$ knot sampai $V_s = 10$ knot	49
Gambar 4.10	Kurva $K_{t_{Hull}}$ vs J pada kondisi patroli (18 knot)	50
Gambar 4.11	Hasil analisa DEPM dari kondisi pengintaian ($V_s = 10$ knot) sampai kondisi patroli ($V_s = 18$ knot) sebelum dibebani <i>shaft generator 355 kWe</i>	57
Gambar 4.12	<i>Load factor</i> pada rasio P/D = 0.9 pada kondisi patroli ($V_s = 18$ knot) sebelum dibebani <i>shaft generator 355 kWe</i>	59
Gambar 4.13	<i>Load factor</i> pada rasio P/D = 0.9 pada kondisi patroli ($V_s = 18$ knot) sesudah dibebani <i>shaft generator 355 kWe</i>	61
Gambar 4.14	Kurva $K_{t_{Hull}}$ vs J pada kondisi pengejaran (22 knot)	62
Gambar 4.15	Hasil analisa DEPM dari kondisi pengintaian ($V_s = 10$ knot) sampai kondisi pengejaran ($V_s = 22$ knot) sebelum disinkronkan dengan <i>shaft motor 355 kW</i>	67
Gambar 4.16	Penge-plot-an garis $LF_{ME_SM} = 89.709\%$ ke dalam hasil analisa DEPM pada rasio P/Db = 0.75.....	69
Gambar 4.17	Penge-plot-an garis $RPM = 1988.5$ ke dalam hasil analisa DEPM pada rasio P/Db = 0.79025.....	71
Gambar 4.18	Penentuan harga SFOC untuk kondisi patroli ($V_s = 18$ knot) dengan dibebani <i>shaft generator 355 kWe</i>	81
Gambar 4.19	Penentuan harga SFOC untuk kondisi pengejaran ($V_s = 22$ knot) setelah sinkronisasi dengan <i>shaft motor 355 kW</i>	83
Gambar 4.20	Variasi harga HSD pada berbagai region tahun 2017.....	88

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1	Profil operasi OPV pada umumnya (Kwasieckyj, 2013)	1
Tabel 2.1	Daftar biaya investasi komponen-komponen sistem propulsi kapal (Kwasieckyj, 2013)	14
Tabel 4.1	<i>Principal dimensions</i> OPV 80 m.....	24
Tabel 4.2	Data permesinan OPV 80 m (Firmansyah et al, 2012 dan Anwar et al, 2012).....	24
Tabel 4.3	Data kebutuhan daya listrik kapal pada kondisi <i>at port</i> , pengintaian, patroli, dan pengejaran (Anwar et al, 2012)	25
Tabel 4.4	Hasil perhitungan komponen tahanan total OPV 80 m sebagai fungsi dari V_s	26
Tabel 4.5	Besar tahanan dinas OPV 80 m pada berbagai V_s	28
Tabel 4.6	Besar kebutuhan <i>brake power</i> untuk propulsi OPV 80 m pada berbagai V_s	29
Tabel 4.7	Spesifikasi propeller yang terpasang pada OPV 80 m dengan daya mesin induk 2 x 4300 kW (Firmansyah et al, 2012)	29
Tabel 4.8	<i>Speed–power prediction</i> pada berbagai rasio P/Db pada $V_s = 10$ knot.....	32
Tabel 4.9	<i>Speed–power prediction</i> pada berbagai rasio P/Db pada $V_s = 18$ knot.....	33
Tabel 4.10	<i>Speed–power prediction</i> pada berbagai rasio P/Db pada $V_s = 22$ knot.....	35
Tabel 4.11	Nilai-nilai SFOC pada rentang rasio P/Db 0.90 ~ 1.40	37
Tabel 4.12	Spesifikasi <i>shaft generator motor</i> yang terpilih	38
Tabel 4.13	Spesifikasi <i>frequency converter</i> yang terpilih	39
Tabel 4.14	Spesifikasi mesin induk untuk sistem propulsi <i>hybrid</i>	40
Tabel 4.15	Spesifikasi <i>hybrid gearbox</i> yang terpilih.....	40
Tabel 4.16	Hasil pemilihan propeller untuk sistem propulsi <i>hybrid</i>	41

Tabel 4.17	Hubungan antara torsi propeller (Q_P) dan putaran mesin (N_S) pada berbagai rasio P/Db dari $V_s = 5$ knot sampai $V_s = 10$ knot	44
Tabel 4.18	Rasio P/Db yang memungkinkan untuk mencapai kondisi pengintaian (10 knot).....	48
Tabel 4.19	<i>Speed–power prediction</i> pada berbagai rasio P/Db dari $V_s = 10$ knot sampai $V_s = 18$ knot.....	51
Tabel 4.20	<i>Speed–power prediction</i> pada berbagai rasio P/Db dari $V_s = 18$ knot sampai $V_s = 22$ knot.....	63
Tabel 4.21	Data kebutuhan daya listrik kapal pada sistem propulsi <i>hybrid</i> pada kondisi <i>at port</i> , pengintaian, patroli, dan pengejaran	74
Tabel 4.22	Spesifikasi <i>diesel generator set</i> untuk sistem propulsi <i>hybrid</i>	75
Tabel 4.23	SFOC dari <i>diesel generator set</i> berdasarkan <i>load factor</i> -nya	76
Tabel 4.24	Hasil perhitungan konsumsi bahan bakar dengan sistem propulsi DMP	79
Tabel 4.25	Hasil perhitungan konsumsi bahan bakar dengan sistem propulsi <i>hybrid</i>	84
Tabel 4.26	Perhitungan biaya investasi sistem propulsi DMP	86
Tabel 4.27	Perhitungan biaya investasi sistem propulsi <i>hybrid</i>	87
Tabel 4.28	Biaya bahan bakar per tahun pada berbagai kondisi operasi kapal dengan sistem propulsi DMP	89
Tabel 4.29	Biaya bahan bakar per tahun pada berbagai kondisi operasi kapal dengan sistem propulsi <i>hybrid</i>	90
Tabel 4.30	Rencana pembiayaan bahan bakar untuk pengoperasian masing-masing sistem propulsi sampai 30 tahun	91
Tabel 4.31	Biaya pemeliharaan dan biaya penggantian <i>spare part</i> mesin-mesin merek MTU	94
Tabel 4.32	Rencana pemeliharaan mesin induk pada kedua sistem propulsi selama 30 tahun operasi	95
Tabel 4.33	Rencana pemeliharaan mesin bantu penggerak generator pada sistem DMP selama 30 tahun operasi	96

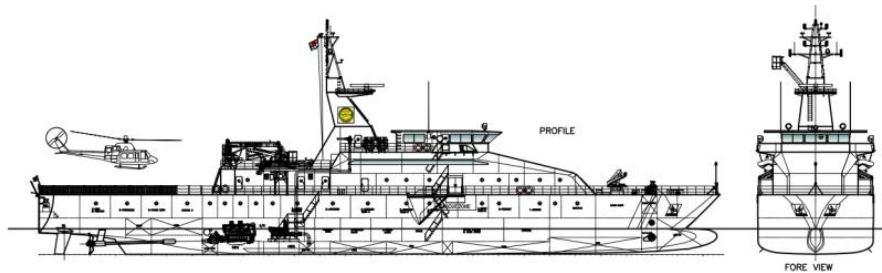
Tabel 4.34	Rencana pemeliharaan mesin bantu penggerak generator pada sistem propulsi <i>hybrid</i> selama 30 tahun operasi	98
Tabel 4.35	Biaya pemeliharaan mesin-mesin listrik berdasarkan spesifikasi dan level pemeliharaannya	99
Tabel 4.36	Rencana pemeliharaan generator 450 kWe pada sistem DMP dan <i>shaft generator motor</i> 355 kW pada sistem propulsi <i>hybrid</i> selama 30 tahun operasi.....	100
Tabel 4.37	Rencana pemeliharaan generator utama 720 kWe pada sistem propulsi <i>hybrid</i> selama 30 tahun operasi	101
Tabel 4.38	Besar upah tenaga kerja yang harus dibayar PT. X untuk pekerjaan pemeliharaan sistem perporosan dan CPP	105
Tabel 4.39	Rencana pemeliharaan sistem perporosan dan CPP selama 30 tahun	107
Tabel 4.40	CO dan PV penerapan sistem DMP sampai 30 tahun operasi	109
Tabel 4.41	CO dan PV penerapan sistem propulsi <i>hybrid</i> sampai 30 tahun operasi.....	111

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Offshore patrol vessel (OPV) 80 m merupakan kapal patroli yang bertugas menjaga batas teritorial laut dari aktivitas ilegal, seperti infiltrasi pasukan negara luar, penyelundupan, *illegal fishing*, pembajakan kapal, dan kegiatan sejenis lainnya. Selain OPV ada juga tipe kapal patroli lainnya, yaitu *fast patrol boat* (FPB). Perbedaan di antara keduanya adalah OPV ukurannya lebih besar, yakni displasmennya berkisar 700 ton dan *endurance*-nya lebih tinggi dari FPB (Underwood, 1996).



Gambar 1.1 *Longitudinal view* dan *fore view* OPV 80 m (Anwar dan Santoso, 2007)

OPV 80 m yang ada saat ini masih menggunakan sistem propulsi konvensional, yaitu sistem *diesel mechanical propulsion* (DMP) (Firmansyah et al, 2012). Sistem DMP hanya mengandalkan daya dari motor diesel sebagai mesin induk untuk menggerakkan kapal pada berbagai misi atau operasinya. Sebagai suatu kapal patroli, OPV 80 m memiliki misi atau operasi yang beraneka macam: *at port*, kondisi pengintaian (10 knot), patroli (18 knot), dan pengejaran (22 knot).

Tabel 1.1 Profil operasi OPV pada umumnya (Kwasieckyj, 2013)

No.	Misi / Operasi	Kecepatan [knot]	Durasi [jam/tahun]
1	<i>At port</i>	-	3504
2	Pengintaian	10	1577
3	Patroli	18	2102
4	Pengejaran	22	1577

Berdasarkan hasil analisa awal, *load factor* mesin induk pada saat pengintaian (10 knot), patroli (18 knot), dan pengejaran (22 knot) masing-masing bernilai 6%, 45%, dan 75%. *Load factor* yang terlalu rendah pada saat pengintaian (6%) dan patroli (45%) membuat motor diesel sebagai mesin induk OPV 80 m tidak selalu beroperasi pada kondisi optimalnya yang berkisar pada 90% *rated power*. Hal ini bisa berakibat pada peningkatan *specific fuel oil consumption* (SFOC) dan dalam waktu yang panjang bisa mengakibatkan turunnya *life time* komponen mesin induk akibat gejala vibrasi berlebih (Homik, 2010).

Untuk mengatasi hal-hal tersebut, sistem propulsi pada OPV 80 m perlu direkayasa agar dapat memenuhi tuntutan misi atau operasi OPV 80 m yang beraneka ragam. Suatu sistem propulsi sebagai hasil rekayasa tersebut harus memiliki fleksibilitas tinggi.

Sistem propulsi *hybrid* dikenal akan fleksibilitasnya yang tinggi. Sistem propulsi *hybrid* merupakan kombinasi dari sistem *diesel mechanical propulsion* (DMP) dan sistem *diesel electrical propulsion* (DEP). Sistem ini mampu beroperasi pada empat jenis mode propulsi, yaitu; mode *shaft motor*, mode *shaft generator*, mode mekanis, dan mode *hybrid*. Sistem propulsi seperti ini sangat sesuai untuk diterapkan pada kapal yang memiliki misi atau operasi yang bervariasi seperti OPV 80 m (Koenhardono et al, 2014).

1.2. Perumusan Masalah

Operasional OPV 80 m yang ada pada saat ini berdampak pada *load factor* mesin induk yang terlalu rendah, baik pada saat pengintaian (10 knot) maupun pada saat patroli (18 knot). Oleh sebab itu, perlu dilakukan rekayasa pada sistem propulsi yang ada.

1.3. Pembatasan Masalah

Masalah dalam penelitian ini dibatasi pada hal-hal berikut ini.

1. Objek penelitian ini adalah kapal tipe *offshore patrol vessel* (OPV) 80 m yang pernah diteliti oleh Firmansyah et al (2012) dalam *Perancangan Controllable Pitch Propeller pada Kapal Offshore Patrol Vessel 80 (OPV 80)*.
2. Sistem propulsi *hybrid* yang akan diterapkan tidak menggunakan baterai.

1.4. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah merencanakan sistem propulsi *hybrid* yang sesuai untuk OPV 80 serta melakukan perbandingan antara sistem propulsi *hybrid* dengan sistem propulsi DMP yang ada, baik dari aspek teknis maupun ekonomis.

1.5. Manfaat Penelitian

Manfaat yang diperoleh melalui penelitian ini adalah terciptanya operasional OPV 80 m yang efisien melalui optimalisasi *load factor* mesin induk pada berbagai misi atau operasi kapal. Dengan demikian, konsumsi bahan bakar dapat ditekan dan *life time* komponen-komponen mesin induk tetap terjaga.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

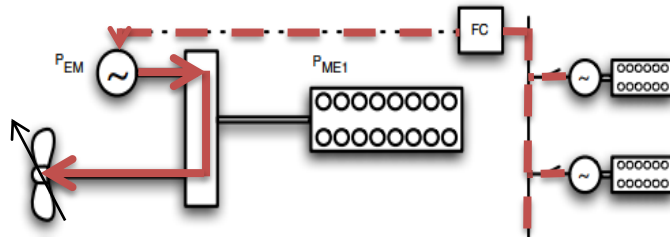
2.1. Konsep dan Mode Operasi Sistem Propulsi *Hybrid*

Sistem propulsi *hybrid* merupakan kombinasi dari sistem *diesel mechanical propulsion* (DMP) dan sistem *diesel electrical propulsion* (DEP). Sistem ini mampu beroperasi pada empat jenis mode propulsi, yaitu; mode *shaft motor*, mode *shaft generator*, mode mekanis, dan mode *hybrid* (Koenhardono et al, 2014). Sistem propulsi seperti ini sangat sesuai untuk diterapkan pada kapal yang memiliki misi atau operasi yang bervariasi seperti OPV 80 m. Kemampuan sistem propulsi *hybrid* untuk beroperasi dalam empat mode propulsi menghasilkan beberapa keuntungan sebagai berikut (<http://www.rolls-royce.com>).

- 1) Konsumsi bahan bakar lebih ekonomis dan lebih ramah lingkungan
- 2) Operasional kapal menjadi sangat fleksibel
- 3) *Life time* komponen mesin induk bertambah dan biaya perawatan dapat ditekan
- 4) Peningkatan kenyamanan di kapal
- 5) Peningkatan *redundancy* sehingga sistem propulsi menjadi lebih handal

Gambar 2.1 memperlihatkan suatu skema sistem propulsi *hybrid* yang menggunakan konsep *twin screw*. Skema inilah yang akan diterapkan pada OPV 80 m. Dari Gambar 2.1 terlihat sistem propulsi *hybrid* terdiri dari beberapa komponen, mulai dari motor diesel sebagai mesin induk, *shaft generator motor* (SGM), *diesel generator set*, PTO/PTI *gearbox*, sistem perporosan, *controllable pitch propeller* (CPP), dan *frequency converter*. Komponen-komponen tersebut bekerja dalam koridor mode-mode propulsi seperti yang telah disebutkan sebelumnya. Aktif tidaknya suatu komponen tersebut bergantung pada jenis mode propulsi yang sedang dioperasikan.

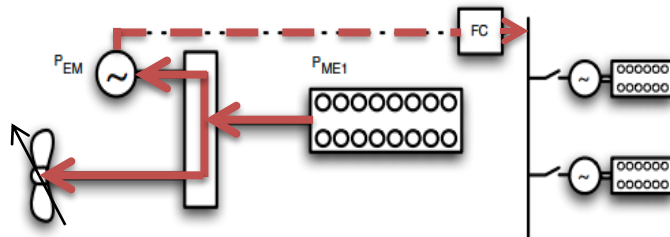
menggunakan *clutch* di dalam *gearbox*. Yang memutar poros propeller hanya *shaft motor*. *Shaft motor* mendapat energi listrik dari *diesel generator set* (Gambar 2.2). Mode ini direncanakan untuk beroperasi pada kondisi pengintaian (10 knot). Hal ini karena aktivitas pengintaian menuntut tingkat kebisingan yang rendah (<https://marine.man.eu>).



Gambar 2.2 Aliran energi pada mode *shaft motor*

2.1.2. Mode *Shaft Generator*

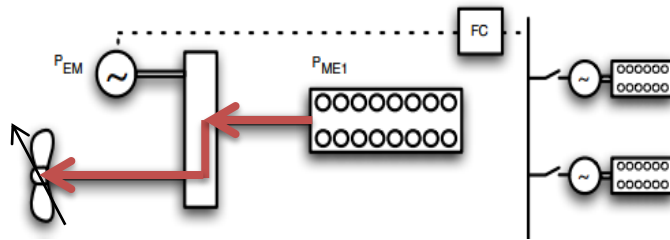
Mode *shaft generator* sering disebut mode *power take off* (PTO). Pada mode ini, motor diesel dan *shaft generator* beroperasi bersama-sama. *Shaft generator* tersebut menyuplai energi listrik untuk kebutuhan sistem kelistrikan kapal. Jadi yang memutar poros propeller hanya motor diesel (Gambar 2.3). Kemungkinan mode ini dioperasikan untuk patroli (18 knot), bergantung pada hasil analisa di bab selanjutnya.



Gambar 2.3 Aliran energi pada mode *shaft generator*

2.1.3. Mode Mekanis

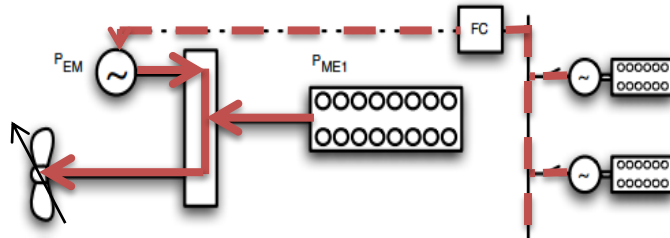
Pada mode ini, hanya motor diesel yang memutar poros propeller. *Shaft generator* dan *shaft motor* tidak dioperasikan alias mati. Sedangkan *diesel generator set* hanya menyuplai energi listrik untuk kebutuhan sistem kelistrikan kapal (Gambar 2.4). Kemungkinan mode ini dioperasikan untuk patroli (18 knot) dan/atau pengejaran (22 knot), bergantung pada hasil analisa di bab selanjutnya.



Gambar 2.4 Aliran energi pada mode mekanis

2.1.4. Mode *Booster*

Mode *booster* sering disebut mode *power take in* (PTI). Pada mode ini, motor diesel bersama *shaft motor* memutar poros propeller. *Shaft motor* tentunya mendapat energi listrik dari *diesel generator set* (Gambar 2.5). Kemungkinan mode ini dioperasikan untuk pengejaran (22 knot), bergantung pada hasil analisa di bab selanjutnya.



Gambar 2.5 Aliran energi pada mode *booster*

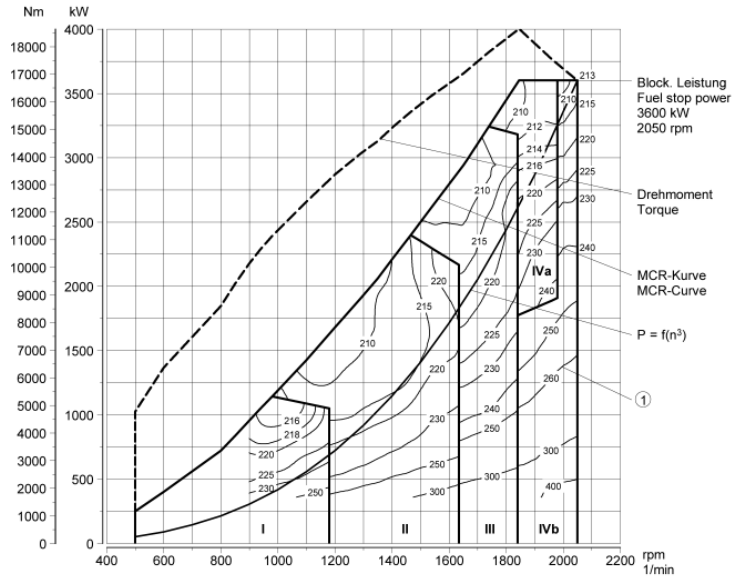
2.2. Komponen Sistem Propulsi *Hybrid*

2.2.1. Motor diesel

Motor diesel merupakan motor pembakaran dalam dengan efisiensi termal tertinggi di antara motor pembakaran lainnya. Hal ini dikarenakan rasio kompresi motor diesel yang sangat tinggi, terlebih motor diesel putaran rendah yang memiliki efisiensi termal di atas 50% (Takaishi et al, 2008).

Motor diesel putaran cepat biasanya dipakai pada kapal-kapal khusus yang lebih kecil daripada kapal niaga namun menuntut kecepatan dinas yang bervariasi, seperti kapal patroli (FPB dan OPV), *tug boats*, *fishing vessels*, *supply vessels*, dsb. Hal ini dikarenakan beberapa kelebihan yang dimilikinya, yakni; dimensi yang lebih kompak dan bobot yang lebih

ringan daripada motor diesel putaran rendah dan sedang (<http://www.niigata-power.com/english/products/marine/>).



Gambar 2.6 *Engine performance diagram* dari mesin MTU 20V 4000 M73L (MTU, 2003)

Pada saat perencanaan, penentuan operasional motor diesel harus berpedoman pada *project guide* motor diesel tersebut. Salah satu bagian penting dari *project guide* tersebut adalah *engine performance diagram* (Gambar 2.6). Pada diagram ini, terdapat *engine envelope* dan grafik nilai-nilai *specific fuel consumption* (SFC) konstan. Data ini sangat penting bagi *marine engineer* dalam merencanakan titik operasional dari motor diesel yang dapat memberikan banyak keuntungan, dari sisi teknis dan ekonomis.

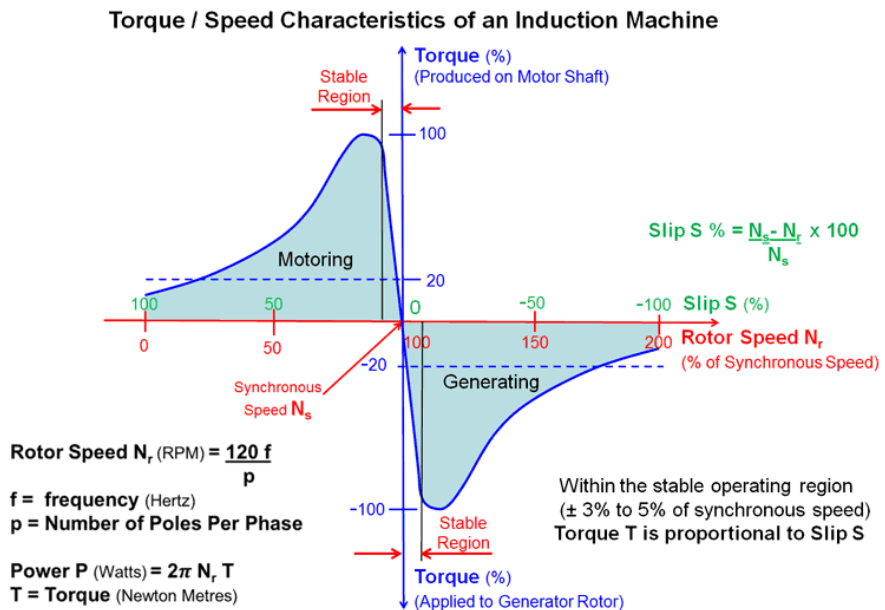
2.2.2. *Shaft Generator Motor* (SGM)

Shaft generator motor (SGM) merupakan sebuah mesin listrik yang dinamis yang dapat berfungsi sebagai motor listrik (*shaft motor*) dan generator listrik (*shaft generator*). Sebagai *shaft motor*, maka mesin listrik ini berfungsi mengubah energi listrik dari *diesel generator set* menjadi energi mekanik bagi poros propeller. Sebaliknya saat menjadi *shaft generator*, mesin listrik ini berfungsi mengubah energi mekanik dari poros propeller menjadi energi listrik untuk disalurkan ke beban listrik melalui *frequency converter* dan *main switchboard*. Dalam penelitian ini, nantinya

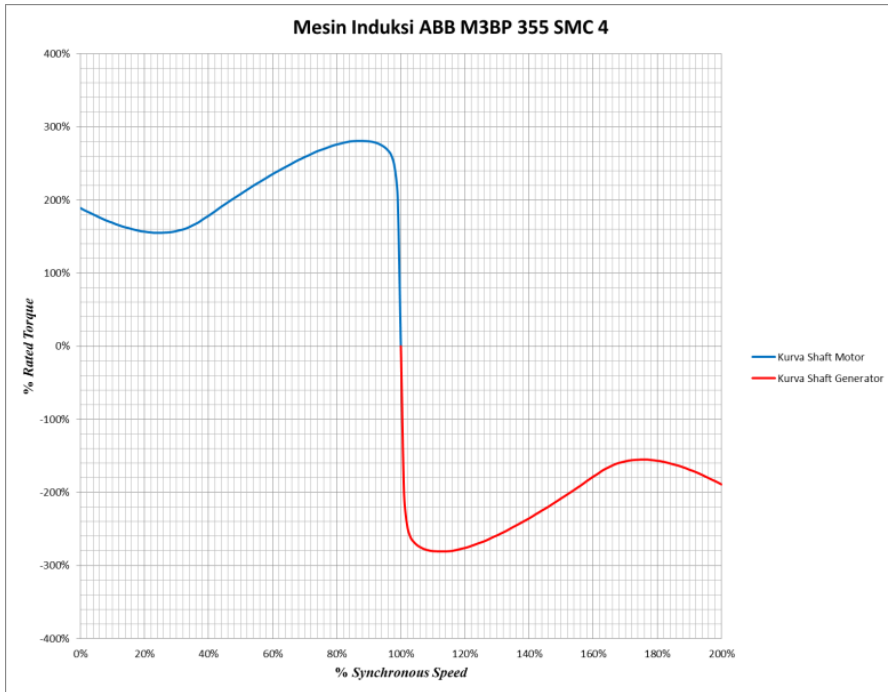
shaft generator dari masing-masing poros propeller akan diparalelkan untuk memenuhi kebutuhan listrik kapal sehingga *diesel generator set* tidak perlu dijalankan.

Dari berbagai jenis mesin listrik, mesin induksi jenis sangkar baling merupakan yang paling banyak dipergunakan baik di darat maupun di kapal. Hal ini karena beberapa kelebihan yang dimilikinya, yakni konstruksi sederhana dan kuat, investasi yang rendah namun handal, efisiensi tinggi, perawatan mudah, kompak, dan ringan (Marappung, 1979).

Perbedaan karakteristik operasional mesin induksi sebagai motor listrik atau generator listrik dijelaskan berdasarkan karakteristik grafik torsi–kecepatan dari mesin induksi (Gambar 2.7).



Gambar 2.7 Grafik karakteristik torsi–kecepatan mesin induksi (<http://www.mpoweruk.com>)



Gambar 2.8 Replika *Microsoft Excel* dari kurva torsi vs kecepatan dari mesin induksi ABB M3BP 355 SMC 4 (ABB, 2006)

Ketika mesin induksi bekerja pada kecepatan yang lebih rendah dari kecepatan sinkronous-nya (N_s) dan memiliki torsi yang positif, maka mesin induksi beroperasi sebagai motor induksi. Selanjutnya bila mesin induksi diputar dengan kecepatan melebihi kecepatan sinkronous-nya (N_s) sehingga slip yang terjadi menjadi negatif ($s < 0$), maka mesin induksi beroperasi sebagai generator listrik.

2.2.3. *Frequency Converter*

Frequency converter mengkonversi arus bolak-balik dengan frekuensi tertentu (50 Hz atau 60 Hz) menjadi arus bolak-balik dengan frekuensi yang bervariasi. Tujuan dari variasi frekuensi ini adalah untuk mengatur kecepatan putaran *shaft motor* sesuai dengan Persamaan 2.1.

$$N_s = \frac{2 \cdot 60 \cdot f}{p} \quad (2.1)$$

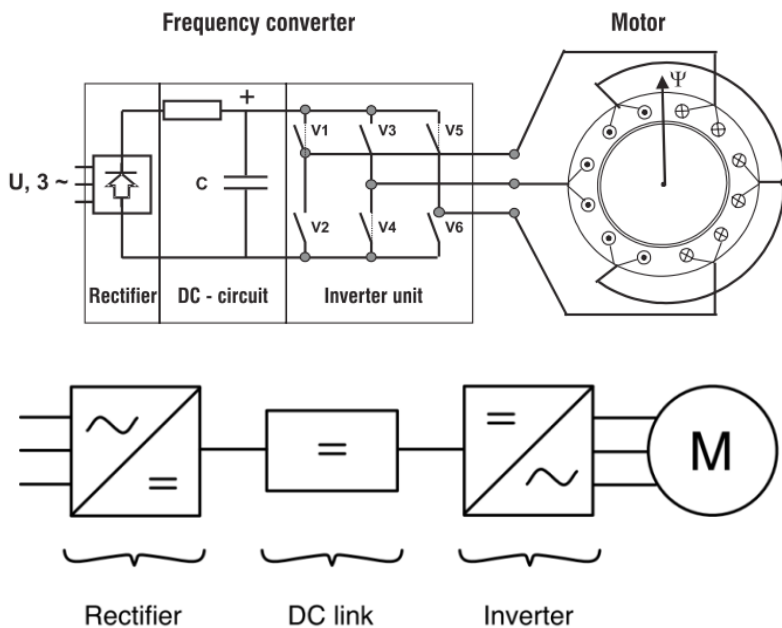
Di mana:

N_s = kecepatan sinkronous *shaft motor*

f = frekuensi arus dan tegangan yang masuk ke *shaft motor*

p = jumlah kutub dalam *shaft motor*

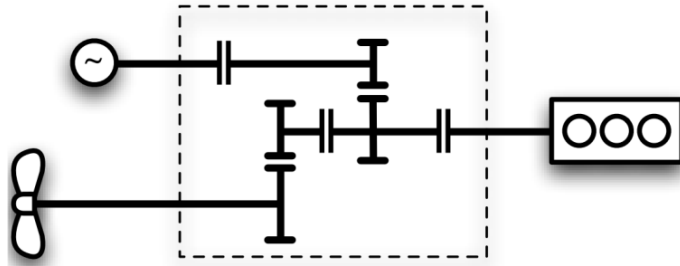
Gambar 2.9 memberikan gambaran prinsip kerja *frequency converter*. Arus bolak balik 3-fasa dikonversi menjadi arus searah oleh *rectifier*. *DC link* berfungsi sebagai *energy buffer*, di dalamnya terdapat rangkaian kapasitor. Kemudian *inverter* mengubah arus searah tadi menjadi arus bolak balik 3-fasa yang frekuensinya kini telah berubah. Arus bolak-balik inilah yang masuk ke dalam *shaft motor* (Kwasieckyj, 2013). Melalui mekanisme kerja seperti ini, *frequency converter* dapat berfungsi sebagai *soft starter* untuk mesin-mesin AC, baik mesin sinkron maupun mesin asinkron. Dengan *frequency converter*, arus start motor AC yang tadinya mencapai 7 x arus beban penuh (bila dengan *direct-on-line starter*) atau (3 ~ 4) x arus beban penuh (bila dengan *wye delta starter*) kini menjadi hanya sebesar (1.0 ~ 1.5) x arus beban penuh (ABB, 2010).



Gambar 2.9 Skema *frequency converter*

2.2.4. Gearbox

Gearbox yang digunakan pada sistem propulsi *hybrid* bertipe PTO/PTI *gearbox* karena memiliki konfigurasi *double input single output* (Gambar 2.10).



Gambar 2.10 Konfigurasi PTO/PTI *gearbox* (Kwasieckyj, 2013)

2.2.5. Controllable Pitch Propeller

Berdasarkan kemampuan mengubah *pitch*-nya, propeller terbagi dua: *fixed pitch propeller* (FPP) dan *controllable pitch propeller* (CPP). FPP umumnya digunakan pada kapal-kapal niaga yang memiliki profil operasional yang terbatas. Sedangkan bagi kapal patroli (FPB dan OPV), *tug boats*, dan *fishing vessels* yang memiliki profil operasional yang bervariasi, pemakaian CPP lebih sesuai. Hal ini karena rasio *pitch to diameter* (P/D) dari CPP bisa berubah-ubah sesuai tuntutan kecepatan kapal. Kelebihan lain dari penggunaan CPP sebagai berikut (Woud dan Stapersma, 2002).

- 1) Peningkatan kemampuan manuver kapal
- 2) Kemampuan untuk beradaptasi terhadap karakteristik beban dan karakteristik mesin induk lebih tinggi
- 3) Karena putaran poros CPP dapat diatur konstan (hanya P/D yang berubah) pada berbagai *Vs* kapal, maka frekuensi daya listrik yang keluar dari *shaft generator* juga stabil pada nilai tertentu
- 4) Meningkatkan efisiensi propulsif

2.3. Analisa Ekonomis

Analisa ekonomis diperlukan untuk mendapatkan gambaran mengenai perbandingan antara penggunaan sistem propulsi *hybrid* dan

DMP ditinjau dari aspek ekonomis. Perbandingan yang dimaksud meliputi perbandingan total biaya investasi, biaya bahan bakar, dan biaya pemeliharaan antara penggunaan kedua sistem propulsi tersebut. Hasil perbandingan tersebut berupa titik impas (*break event point*).

2.3.1. Biaya Investasi

Menurut Kwasiacky (2013), dalam perencanaan sistem propulsi, biaya investasi perlu diperhitungkan. Biaya investasi adalah biaya yang dikeluarkan mulai dari awal pembangunan, yakni dalam hal ini instalasi komponen-komponen masing-masing sistem propulsi, sampai dengan tahap *commissioning*.

Biaya investasi komponen permesinan dan kelistrikan umumnya bergantung pada beberapa faktor: berat, ukuran, dan daya. Biaya investasi *gearbox* bergantung pada beratnya (Kwasiacky, 2013). Umumnya biaya investasi *marine gearbox* berkisar 115 €/kg (www.ebay.com).

Pada mesin diesel, selain oleh faktor daya, biaya investasi juga bervariasi pada tipe konfigurasi susunan silinder dan ukuran *bore*-nya. Biaya investasi mesin diesel *inline* lebih tinggi daripada mesin diesel *V-line*. Selain itu, terlihat juga bahwa biaya investasi mesin diesel *V-line* mengalami penurunan seiring dengan peningkatan ukuran *bore*-nya. Dalam Tabel 2.1, perbedaan biaya investasi antara mesin diesel *V-line* dengan *bore* besar terhadap mesin diesel *V-line* dengan *bore* kecil dipatok pada batas ukuran *bore* 32 cm.

Tabel 2.1 Daftar biaya investasi komponen-komponen sistem propulsi kapal (Kwasiacky, 2013)

Component	Costs [€/kW]	Remarks
Diesel engine 4-stroke	360	Line type
Diesel engine 4-stroke	340	V-type < 32 bore
Diesel engine 4-stroke	280	V-type ≥ 32 bore
Diesel generator set	400	< 32 bore
Diesel generator set	360	≥ 32 bore
Electric machine	50	Induction
Frequency converter	120	Both PWM and LCI
Frequency converter	135	With active front end
CPP + shaftline	100	

2.3.2. Biaya Bahan Bakar

Komponen yang paling dominan dalam biaya operasional kapal secara umum adalah biaya bahan bakar (Wijayanto, 2011). Oleh karena itu, dalam penelitian ini perbandingan konsumsi bahan bakar antara penerapan sistem propulsi *hybrid* dan DMP menjadi faktor yang sangat dominan dalam kajian ekonomis.

2.3.3. Biaya Pemeliharaan

Biaya pemeliharaan sistem propulsi kapal patroli mencakup seluruh biaya yang dikeluarkan untuk pemeliharaan dan perbaikan sistem propulsi, meliputi biaya pemeliharaan mesin induk, *diesel generator set*, sistem perporosan, CPP, *gearbox*, *frequency converter*, dan *shaft generator motor*. Biaya pemeliharaan masing-masing komponen merupakan data primer yang diperoleh melalui kegiatan wawancara langsung dengan para *engine makers* dan perusahaan-perusahaan galangan.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini memerlukan proses yang terstruktur sehingga diperlukan langkah-langkah yang sistematis dalam pelaksanaannya. Tahapan penelitian ini sebagai berikut.

1. Pengumpulan data

Data primer yang dibutuhkan untuk penelitian ini diperoleh langsung dari perancang OPV 80 m, para *engine maker*, perusahaan galangan, dan *shipping company* melalui kegiatan wawancara. Adapun data primer tersebut mencakup hal-hal berikut.

- a) *Principal dimensions* OPV 80 m
- b) Pola pemeliharaan masing-masing komponen sistem propulsi DMP dan *hybrid*
- c) Biaya pemeliharaan termasuk harga *spare part* dari masing-masing komponen sistem propulsi DMP dan *hybrid*

Data sekunder yang dibutuhkan untuk penelitian ini diperoleh dari studi literatur terhadap jurnal dan buku-buku terkait. Adapun data sekunder tersebut mencakup hal-hal berikut.

- a) Profil operasi OPV pada umumnya
- b) Konfigurasi sistem propulsi DMP yang diterapkan pada OPV 80 m
- c) Data kelistrikan OPV 80 m pada berbagai kondisi operasinya
- d) Komponen dan mode-mode operasi sistem propulsi *hybrid*
- e) Biaya investasi masing-masing komponen pada sistem propulsi DMP dan *hybrid*
- f) *Engine performance diagram* dari mesin induk, *diesel generator set*, dan *shaft motor* yang dipilih

2. Prediksi tahanan total dan kebutuhan daya propulsi

Prediksi tahanan total OPV 80 m dilakukan dengan menggunakan metode Holtrop pada berbagai kecepatan kapal (V_s).

3. Pemilihan mesin induk, *shaft motor*, *frequency converter*, dan *gearbox*

Dari hasil perhitungan kebutuhan daya propulsi, ditentukan besar *brake power* dari mesin induk dan *shaft motor*. Dari spesifikasi mesin induk yang dipilih, dapat ditentukan spesifikasi *gearbox* dan dari spesifikasi *shaft motor* yang dipilih, dapat ditentukan spesifikasi *frequency converter*.

4. Perhitungan pemilihan propeller

Dari spesifikasi mesin induk, *shaft motor*, dan *gearbox* yang telah diperoleh, dilakukan pemilihan propeller Wageningen B series yang paling efisien dan memenuhi batas diameter yang diizinkan untuk dipasang pada sistem propulsi *hybrid*.

5. Analisa interaksi badan kapal – propeller

Oleh karena propeller yang dipakai adalah tipe CPP, maka dilakukan analisa interaksi badan kapal – propeller pada berbagai V_s dan rasio P/D. Hasil analisa ini berupa harga koefisien maju (J) dan koefisien torsi propeller (Kq) yang diperoleh dari titik potong antara kurva K_{tHull} vs J dan K_{tProp} vs J yang diperoleh dari diagram *open water propeller*.

6. Analisa *engine – propeller matching* (EPM)

Analisa EPM mencakup beberapa analisa dan perhitungan sebagai berikut.

- a) Untuk sistem DMP, analisa EPM berupa analisa *diesel engine – propeller matching* (DEPM). Analisa DEPM berisi perhitungan pembebanan mesin induk pada berbagai rasio P/D pada $V_s = 10$ knot sampai $V_s = 22$ knot.
- b) Untuk sistem propulsi *hybrid*, analisa EPM terdiri dari analisa *shaft motor – propeller matching* (SMPM) + analisa DEPM. Analisa SMPM berisi perhitungan pembebanan *shaft motor* pada berbagai rasio P/D pada $V_s = 5$ knot sampai $V_s = 10$ knot sedangkan analisa DEPM berisi perhitungan pembebanan mesin induk pada berbagai rasio P/D pada $V_s = 10$ knot sampai $V_s = 22$ knot.

7. Analisa interaksi sistem propulsi – sistem kelistrikan

Analisa ini berisi perhitungan pembebanan *diesel generator set* akibat penambahan beban berupa 2 x *shaft motor* selama kondisi pengintaian dan pengejaran dan pengurangan beban setelah 2 x *shaft motor* diubah menjadi 2 x *shaft generator* selama kondisi patroli. Dari hasil perhitungan tersebut, dapat diketahui kebutuhan jumlah unit beserta kapasitas *diesel generator set* untuk sistem propulsi *hybrid*.

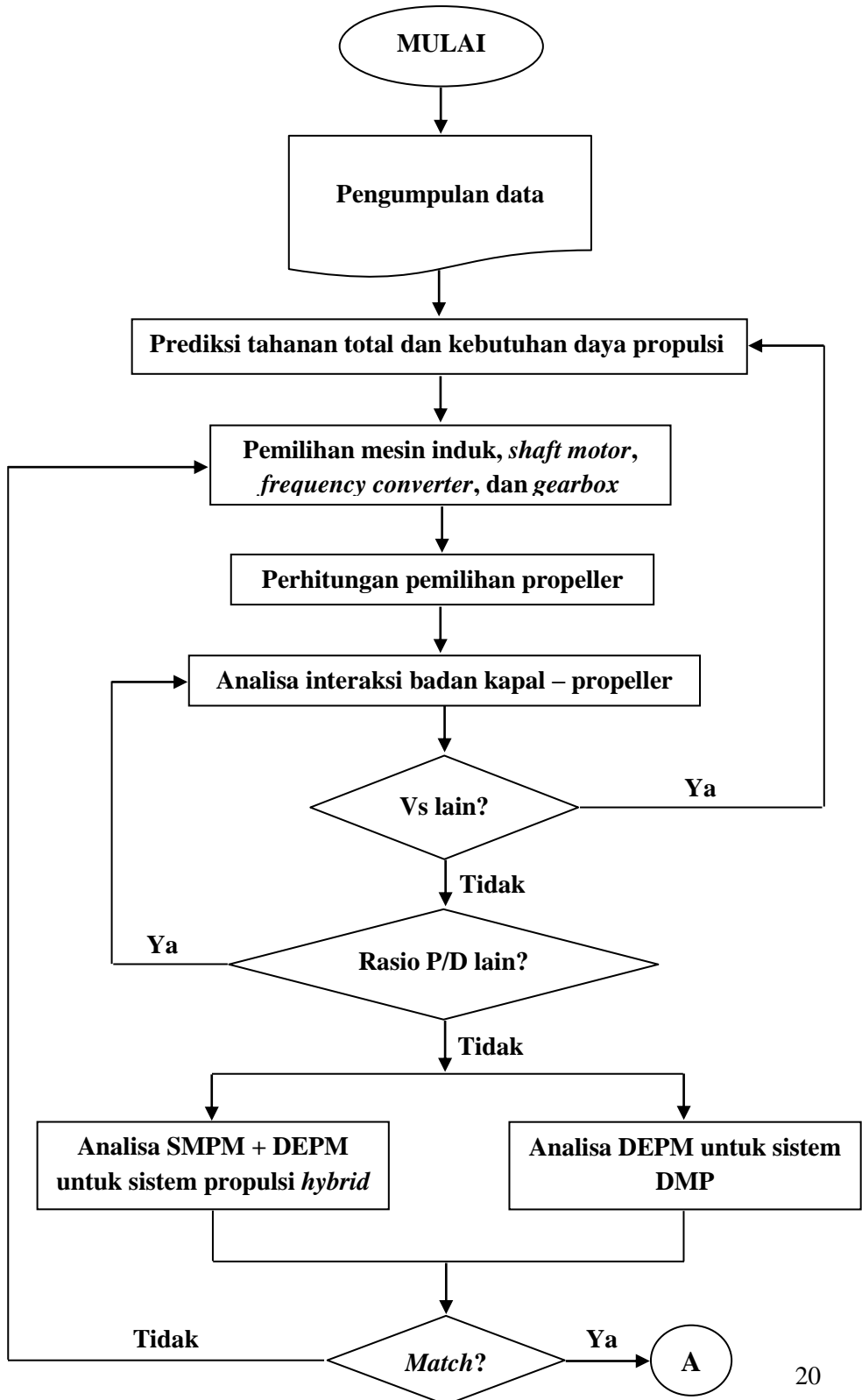
8. Konfigurasi sistem propulsi *hybrid*

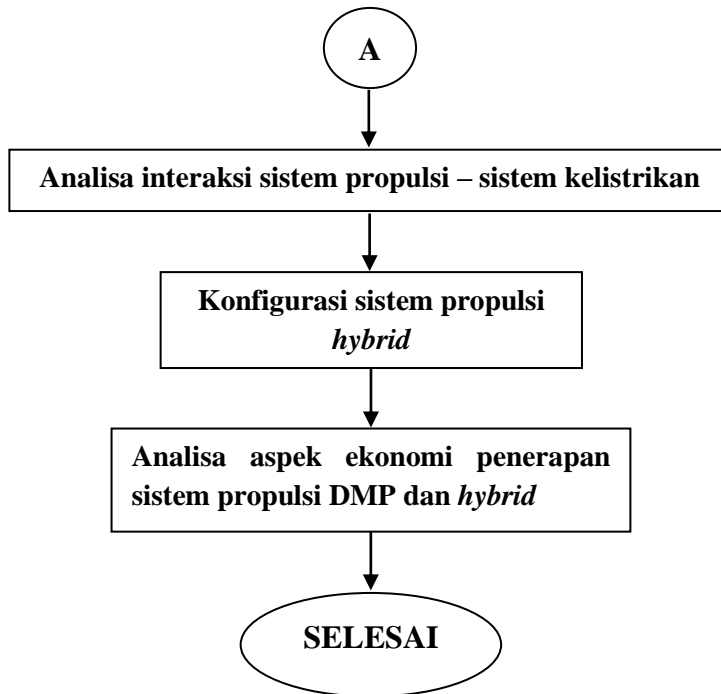
Dari hasil analisa pada Langkah 5 sampai Langkah 7, diperoleh konfigurasi sistem propulsi dan sistem kelistrikan yang sesuai untuk sistem propulsi *hybrid* beserta mode operasi yang sesuai untuk masing-masing kondisi operasi OPV 80 m.

9. Analisa aspek ekonomi penerapan sistem propulsi DMP dan *hybrid*

Analisa ini berisi perhitungan dan perbandingan biaya investasi, biaya bahan bakar, dan biaya-biaya pemeliharaan antara sistem propulsi DMP dan *hybrid*. Tujuan dari analisa ini adalah untuk mengetahui seberapa besar penghematan biaya bahan bakar yang dihasilkan dari penerapan sistem propulsi *hybrid* sampai 30 tahun operasi kapal.

Seluruh tahap metodologi di atas ditampilkan secara grafis dalam diagram alir di bawah ini.





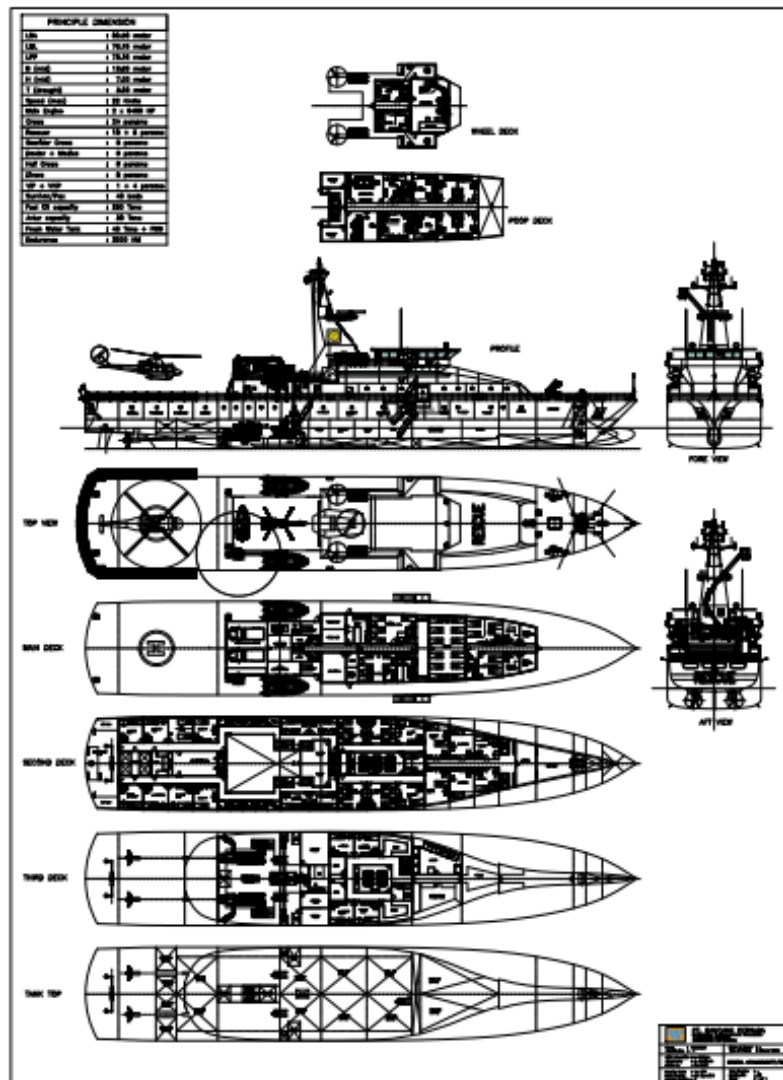
Gambar 3.1 Diagram alir proses metodologi penelitian

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB IV

ANALISA DATA

4.1. Data Umum Kapal



Gambar 4.1 Rencana umum OPV 80 m (Anwar dan Santoso, 2012)

4.1.1. Data Ukuran Utama Kapal

Tabel 4.1 *Principal dimensions* OPV 80 m (Anwar dan Santoso, 2012)

No.	Ukuran	Singkatan	Besar	Satuan
1	<i>Length overall</i>	LOA	80.90	m
2	<i>Length btw. perpendiculars</i>	Lpp	73.15	m
3	<i>Lenth on waterline</i>	Lwl	76.15	m
4	<i>Moulded breadth</i>	B	13.60	m
5	<i>Moulded height</i>	H	7.0	m
6	<i>Moulded draught</i>	T	3.0	m
7	<i>Block coefficient</i>	Cb	0.48	
8	<i>Prismatic coefficient</i>	Cp	0.64	
9	<i>Waterplane coefficient</i>	Cwp	0.75	
10	<i>Service speed (max.)</i>	Vs	22	knot
11	<i>Endurance</i>		3000	NM

4.1.2. Data Permesinan dan Kelistrikan Kapal

Tabel 4.2 Data permesinan OPV 80 m (Firmansyah et al, 2012; Anwar dan Santoso, 2012)

No.	Komponen	Sistem Propulsi DMP
1	Mesin induk	2 x MTU 20V 4000 M93L 4300 kW @ 2100 rpm
2	<i>Diesel generator set</i>	4 x CAT C18 ACERT 450 kWe @ 1500 rpm, 380 VAC, cos phi = 0.8
3	Propeller	2 x Wageningen B4-65 D = 1.83 m, P/D = 0.852, $\eta_o = 0.569$
4	<i>Gearbox</i>	2 x single I/O ZF 23560 C 5327 kW/2100 rpm, rasio 3.577 : 1

Tabel 4.3 Data kebutuhan daya listrik kapal pada kondisi *at port*, pengintaian, patroli, dan pengejaran (Anwar dan Santoso, 2012)

No.	ITEMS		<i>At port</i>	Pengintaian	Patroli	Pengejaran
1	<i>Machinery part</i>	<i>Continuous load</i> [kWe]	78.05	37.98	42.1	48
		<i>Intermitten load</i> [kWe]	106.71	67.36	242.92	238.18
2	<i>Hull part</i>	<i>Continuous load</i> [kWe]	260.81	501.99	513.44	522.54
		<i>Intermitten load</i> [kWe]	378.23	307.44	264.86	271.67
3	<i>Electrical part</i>	<i>Continuous load</i> [kWe]	267.51	257.45	270.59	276.85
		<i>Intermitten load</i> [kWe]	46.42	72.34	59.21	52.94
4	Total beban	<i>Continuous load</i> [kWe]	606.38	797.42	826.13	847.39
		<i>Intermitten load</i> [kWe]	531.35	447.14	566.98	562.79
5	Faktor diversitas [0.5 x I.L.]		265.68	223.57	283.49	281.39
6	Total beban [C.L. + faktor diversitas]		872.05	1020.99	1109.62	1128.78
7	Generator yang terpasang [unit x kWe]		4 x 450			
8	Generator yang bekerja [unit x kWe]		3 x 450	3 x 450	3 x 450	3 x 450
8	Kapasitas generator yg bekerja [kWe]		1350	1350	1350	1350
10	<i>Load factor</i>		64.60%	75.63%	82.19%	83.61%

4.2. Prediksi Tahanan Total dan Kebutuhan Daya untuk Propulsi Kapal

Prediksi tahanan total kapal dilakukan dengan menggunakan metode Holtrop. Metode Holtrop merupakan metode yang terkenal akan akurasinya dalam memprediksi tahanan total kapal dengan menggunakan pendekatan numerik. Oleh karena berbasis pada pendekatan numerik, metode Holtrop sangat membantu peneliti untuk memprediksi secara cepat dan tepat besar tahanan total yang dialami OPV 80 m pada berbagai kecepatan dinas (V_s). Perhitungan tahanan total kapal dengan metode Holtrop dilampirkan dalam Lampiran A.

Selama berlayar, kapal akan mengalami penambahan tahanan total akibat kondisi lingkungan laut, *fouling* pada badan kapal, korosi pada badan kapal, dsb. Penambahan tersebut disebut dengan *sea margin* (SM). Tahanan sebenarnya yang dialami kapal selama kapal berlayar disebut $R_{T \text{ dinas}}$ yang diperoleh dengan mengalikan faktor SM ke dalam R_T yang telah diperoleh sebelumnya.

$$R_{T \text{ dinas}} = SM \times R_T \quad (4.1)$$

Nilai SM pada berbagai perairan berbeda-beda. Untuk perairan di sekitar Indonesia, yaitu Samudera Hindia dan Samudera Pasifik, nilai SM-nya bervariasi antara 1.15 ~ 1.20 (Harvald, 1992). Untuk OPV 80 m diambil nilai SM terbesar, yakni 1.20. Seluruh hasil perhitungan komponen-komponen tahanan total kapal dengan metode Holtrop ditampilkan dalam Tabel 4.4.

Tabel 4.4 Hasil perhitungan komponen tahanan total OPV 80 m sebagai fungsi dari V_s

A. Perhitungan tahanan gesek [$R_F(1 + k_1)$]			
No.	Komponen	Harga	Unit
1	L_R	31.182	m
2	T/L_{wl}	0.0394	
3	c_{12}	0.4933	
4	C_{stern}	-10	
5	c_{13}	0.97	
6	$(1 + k_1)$	1.1213	
7	S	920.864	m^2
8	R_n	$8.14 \times 10^7 V_s$	
9	C_F	$\frac{0.075}{[\text{Log}(8.14 \times 10^7 V_s) - 2]^2}$	

10	$R_F(1 + k_1)$	$\frac{39689.210 \times v_s^2}{[\log(8.14 \times 10^7 v_s) - 2]^2}$	N
B. Perhitungan tahanan gesek akibat <i>appendages</i> [R_{APP}]			
No.	Komponen	Harga	Unit
1	$\Sigma S_{APP} \times (1+k_2)_{eq}$	57.092	
2	R_{APP}	$2189.44 \times \frac{v_s^2}{[\log(8.14 \times 10^7 v_s) - 2]^2}$	N
C. Perhitungan tahanan akibat gelombang [R_W]			
No.	Komponen	Harga	Unit
1	B/Lwl	0.1786	
2	c_7	0.1786	
3	i_E	22.71	°
4	c_1	1.955	
5	c_3	0.0012861	
6	c_2	0.9976	
7	c_5	0.7156	
8	c_{16}	1.3219	
9	m_1	-2.08453	
10	Lwl^3/∇	296.1	
11	c_{15}	-1.69385	
12	m_2	$-0.6938 \times e^{\left(\frac{v_s}{-55805.6062}\right)}$	
13	Lwl/B	5.5993	
14	Λ	0.7575	
15	R_W	$20928481.3 \times e^{\left[-2.08453\left(\frac{v_s}{27.332}\right)^{-0.9}\right]} \times e^{\left[m_2 \times \cos\left(0.758 \times \left(\frac{v_s}{27.332}\right)^{-2}\right)\right]}$	N
D. Perhitungan tahanan tambahan akibat <i>transom</i> tercelup [R_{TR}]			
No.	Komponen	Harga	Unit
1	F_{nT}	$\frac{v_s}{2.995}$	
2	c_{16}	$0.2 - 0.01336 \times v_s$	
3	R_{TR}	$(1115.2 - 74.495 \times v_s) \times v_s^2$	N
E. Perhitungan tahanan tambahan akibat <i>bulbous bow</i> [R_{TR}]			
No.	Komponen	Harga	Unit
1	F_{ni}	$v_s/\sqrt{-0.0579 + 0.15v_s^2}$	
2	P_B	-0.17844	
3	R_B	$0.11 \exp(-3(P_B)^{-2}) F_{ni}^3 A_{BT}^{1.5} \rho g / (1 + F_{ni}^2)$	N

F. Perhitungan tahanan tambahan akibat korelasi antara model dan badan kapal sesungguhnya [R_A]			
1	T _F / Lwl	0.0394	
2	c ₄	0.0394	
3	C _A	5.734 x 10 ⁻⁴	
4	R _A	270.6011 x Vs ²	N

Maka tahanan dinas R_{T dinas} sebagai fungsi dari Vs dapat dirumuskan seperti berikut.

$$R_{T \text{ dinas}} = 1.20 \times [R_F(1 + k_1) + R_{APP} + R_W + R_B + R_{TR} + R_A] \quad (4.2)$$

Dengan memasukkan nilai-nilai Vs = 10 knot, 18 knot, dan 22 knot ke dalam Persamaan 4.2, diperoleh besar tahanan dinas OPV 80 m pada berbagai Vs.

Tabel 4.5 Besar tahanan dinas OPV 80 m pada berbagai Vs

Vs	R_{T dinas}
(knot)	(kN)
10	64.202
18	190.345
22	345.370

Setelah memperoleh nilai R_{T dinas} pada berbagai Vs, dilakukan perhitungan kebutuhan daya untuk propulsi kapal. Total kebutuhan daya untuk propulsi kapal (P_B) merupakan fungsi dari tahanan dinas kapal (R_{T dinas}), dan kecepatan kapal (Vs), seperti persamaan berikut.

$$\begin{aligned}
 P_B &= \frac{R_{T \text{ dinas}} \times V_s}{\eta_{PTO/PTI \text{ gearbox}} \times \eta_{shaft} \times \eta_{propulsif}} \\
 &= \frac{R_{T \text{ dinas}} \times V_s}{0.967 \times 0.98 \times 0.60} \\
 P_B &= \frac{R_{T \text{ dinas}} \times V_s}{0.5118} \quad (4.3)
 \end{aligned}$$

Dengan memasukkan nilai-nilai R_{T dinas} dan Vs ke dalam Persamaan 4.3, diperoleh besar kebutuhan *brake power*.

Tabel 4.6 Besar kebutuhan *brake power* untuk propulsi OPV 80 m pada berbagai Vs

Vs	R _T dinas	P _B
(knot)	(kN)	(kW)
10	64.202	645.337
18	216.727	3921.243
22	345.370	7637.399

4.3. Analisa Engine – Propeller Matching

4.3.1. Analisa Diesel Engine – Propeller Matching (DEPM) pada Sistem Propulsi DMP

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan oleh Firmansyah et al (2012) dalam *Perancangan Controllable Pitch Propeller pada Kapal Offshore Patrol Vessel 80 (OPV 80)*, diperoleh spesifikasi propeller yang paling efisien untuk sistem propulsi DMP adalah sebagai berikut.

Tabel 4.7 Spesifikasi CPP yang terpasang pada OPV 80 m dengan daya mesin induk 2 x 4300 kW (Firmansyah et al, 2012)

1	Tipe	Wageningen B series
2	Jumlah daun	4
3	BAR (A_E/A_o)	0.650
4	Diameter	6.02 ft = 1.83 m
5	Ho	0.668
6	RPM	587

Gaya dorong yang dihasilkan propeller (T_{Prop}) harus sama dengan gaya dorong dibutuhkan badan kapal (T_{Hull}) agar kapal dapat melaju pada Vs yang ditentukan. T_{Prop} sama dengan T_{Hull} bila koefisien gaya dorong propeller (K_{tProp}) sama dengan koefisien gaya dorong yang dibutuhkan badan kapal (K_{tHull}). Hubungan antara K_{tHull} dan J diperoleh melalui Persamaan 4.4 (Molland et al, 2011).

$$K_{tHull} = \beta J^2 \quad (4.4)$$

Di mana:

$$\beta = \frac{1}{2} \frac{\rho C_t S}{(1-t)(1-w)^2 D^2} \quad (4.5)$$

Di mana:

$$S = \text{wetted surface area badan kapal}$$

$$= Lwl(2T + B)\sqrt{C_M} \left(0.453 + 0.4425C_B - 0.2862C_M - 0.003467\frac{B}{T} + 0.3696C_{WP} \right) + 2.38\frac{A_{BT}}{C_B} \quad (4.6)$$

Di mana:

A_{BT} = luasan melintang bagian *boulbous bow* yang dipotong oleh garis muat air

$$t = \text{thrust deduction factor}$$

$$= 0.325C_B - 0.1885D/\sqrt{BT} \quad (4.7)$$

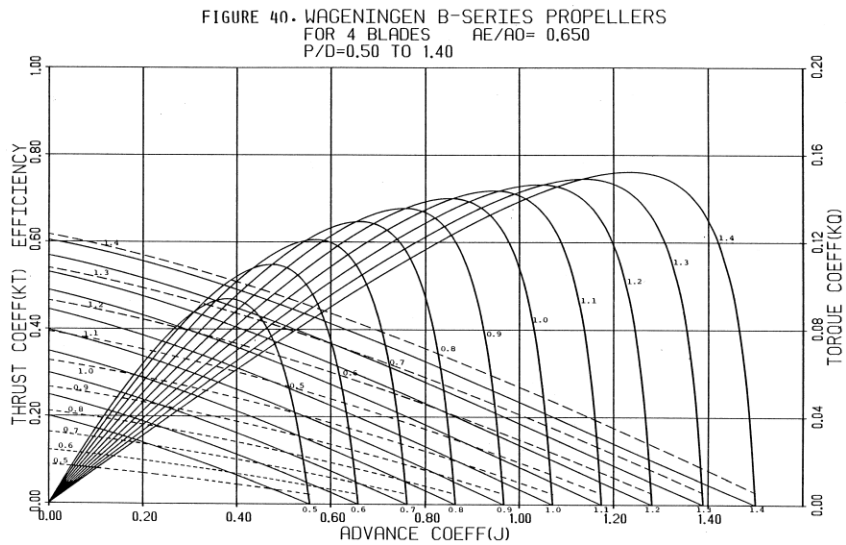
Di mana:

D = diameter propeller

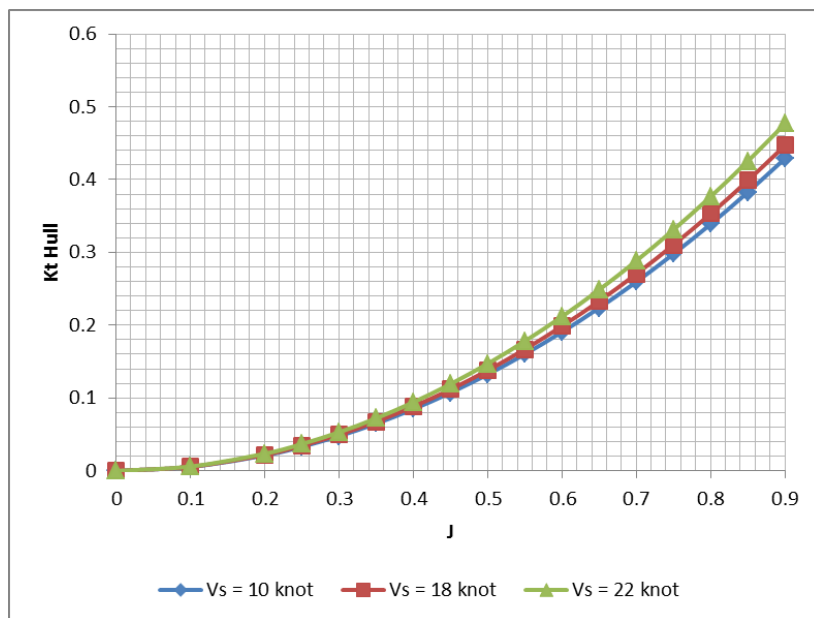
$$C_t = \text{koefisien tahanan dinas sebagai fungsi dari } V_s$$

$$= \frac{2 R_t}{\rho S V_s^2} \quad (4.8)$$

Kurva K_{tHull} vs J diplotkan ke dalam diagram *open water diagram* dari propeller yang telah terpilih, yakni Wageningen B4-65, pada rasio P/D yang bervariasi pada berbagai V_s . Variasi rasio P/D untuk propeller Wageningen B series berada dalam rentang 0.5 ~ 1.4 (Bernitsas et al, 1981). Tujuan dari pengeplotan ini adalah menemukan titik interseksi antara kurva K_{tHull} vs J dengan kurva K_{tProp} vs J . Dari titik interseksi tersebut diperoleh titik koefisien maju (J), koefisien torsi (K_q), dan efisiensi *open water* (η_o) propeller pada berbagai rasio P/D dan V_s . Harga-harga J , K_q , dan η_o pada berbagai rasio P/D pada berbagai V_s pada sistem propulsi DMP ditampilkan pada Lampiran C. Selain dengan cara grafis, harga-harga K_q dan η_o juga dapat dicari dengan persamaan-persamaan polinomial yang terlampir pada Lampiran B tetapi dengan syarat harga J sudah diketahui terlebih dahulu secara grafis. Dari harga-harga J , K_q , dan η_o ini, diperoleh karakteristik beban propeller pada berbagai rasio P/D dan V_s yang akan dipakai untuk memperhitungkan *load factor* mesin induk.



Gambar 4.2 Diagram *open water propeller* dari propeller Wageningen B4-65 (Bernitsas et al, 1981)

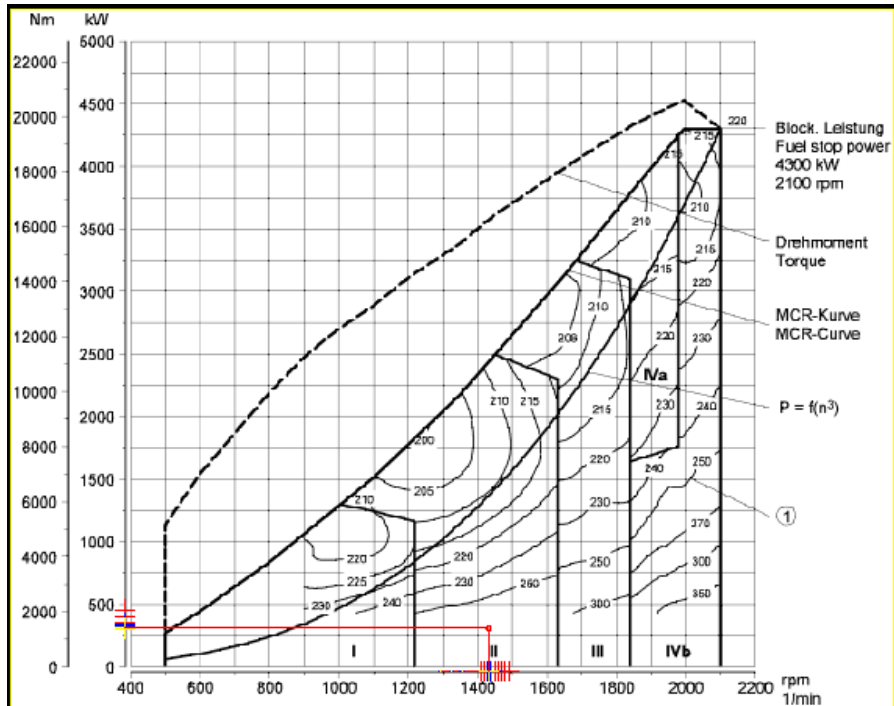


Gambar 4.3 Kurva K_{tHull} vs J pada berbagai V_s

Tabel 4.8 *Speed–power prediction* pada berbagai rasio P/D pada $V_s = 10$ knot

V_s [knot]	P/D	P_B [kW]	% P_B	Rated RPM	% Rated RPM
10	0.5	304.53	7.08%	1432.02	68.19%
	0.55	288.40	6.71%	1328.88	63.28%
	0.6	277.59	6.46%	1241.32	59.11%
	0.65	270.54	6.29%	1166.70	55.56%
	0.7	266.26	6.19%	1102.09	52.48%
	0.75	264.75	6.16%	1046.06	49.81%
	0.8	271.67	6.32%	996.67	47.46%
	0.85	264.1	6.14%	952.91	45.38%
	0.852	264.11	6.14%	951.24	45.30%
	0.9	265.19	6.17%	913.77	43.51%
	0.95	266.87	6.21%	878.77	41.85%
	1.0	268.65	6.25%	847.18	40.34%
	1.05	270.88	6.30%	818.49	38.98%
	1.1	273.42	6.36%	792.44	37.73%
	1.15	275.74	6.41%	768.34	36.59%
	1.2	278.33	6.47%	746.46	35.55%
	1.25	281.02	6.54%	726.29	34.59%
	1.3	283.81	6.60%	707.70	33.70%
	1.35	286.17	6.66%	690.49	32.88%
	1.4	288.43	6.71%	674.43	32.12%

Pada Tabel 4.8, terlihat bahwa *load factor* paling optimal untuk kondisi pengintaian (10 knot) adalah 7.08% dengan rasio P/D = 0.50. Dengan mem-plotkan hasil-hasil perhitungan Tabel 4.8 ke dalam *engine performance diagram* dari mesin MTU 20V 4000 M93L, diperoleh nilai SFOC untuk kondisi pengintaian (10 knot) sebesar ± 300 gr/kWh (Gambar 4.4).



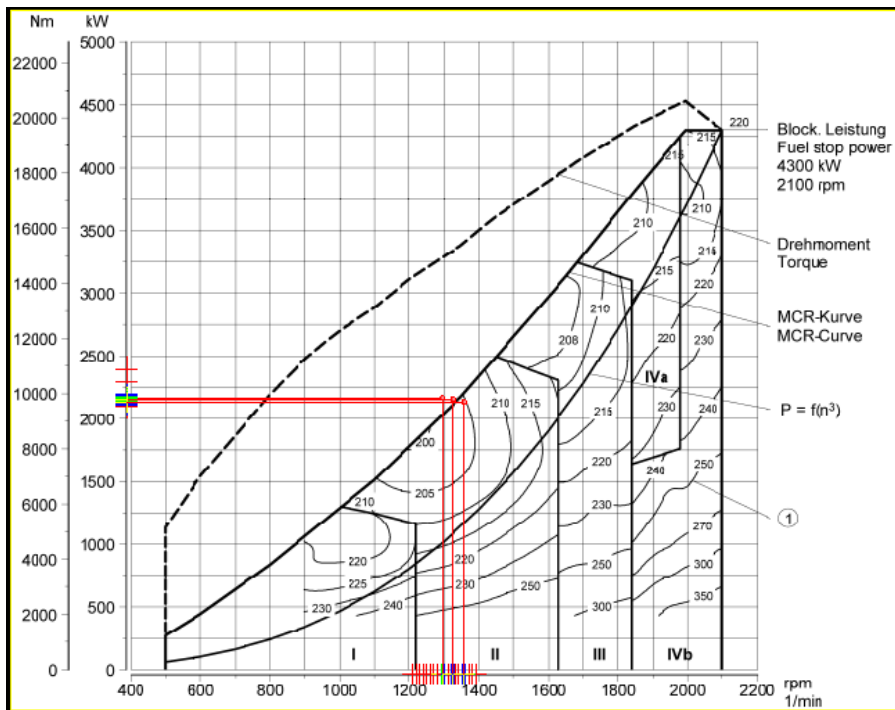
Gambar 4.4 Hasil DEPM sistem propulsi DMP untuk kondisi pengintaian (10 knot)

Tabel 4.9 *Speed–power prediction* pada berbagai rasio P/D pada $V_s = 18$ knot

V_s [knot]	P/D	P_B [kW]	% P_B	Rated RPM	% Rated RPM
18	0.5	2184.60	50.80%	2707.75	128.94%
	0.55	2071.49	48.17%	2514.51	119.74%
	0.6	2006.80	46.67%	2352.46	112.02%
	0.65	1969.52	45.80%	2212.82	105.37%
	0.7	1951.81	45.39%	2092.86	99.66%
	0.75	1946.95	45.28%	1987.93	94.66%
	0.8	1947.21	45.28%	1895.77	90.27%
	0.85	1953.87	45.44%	1813.68	86.37%
	0.852	1953.07	45.42%	1810.52	86.22%
	0.9	1965.69	45.71%	1740.88	82.90%
	0.95	1983.10	46.12%	1675.43	79.78%
	1.0	2001.52	46.55%	1616.50	76.98%

	1.05	2021.48	47.01%	1563.05	74.43%
	1.1	2045.52	47.57%	1514.56	72.12%
	1.15	2064.94	48.02%	1470.04	70.00%
	1.2	2089.11	48.58%	1429.29	68.06%
	1.25	2109.23	49.05%	1391.38	66.26%
	1.3	2130.11	49.54%	1356.46	64.59%
	1.35	2150.29	50.01%	1324.09	63.05%
	1.4	2166.85	50.39%	1293.84	61.61%

Pada Tabel 4.9, terlihat bahwa *load factor* paling optimal untuk operasi patroli (18 knot) adalah 50.39% dengan rasio P/D = 1.40. Dengan memplotkan hasil-hasil perhitungan pada Tabel 4.9 ke dalam *engine performance diagram* dari mesin MTU 20V 4000 M93L, terlihat pada Gambar 4.4, saat kondisi patroli (18 knot) dengan rasio P/D = 1.40 mesin induk mengalami *automatic emergency shut down* karena kondisi ini telah melewati batas operasionalnya. Maka dari itu, perlu dilakukan penggantian rasio P/D, misalnya menjadi 1.35 atau 1.3 (Gambar 4.5).



Gambar 4.5 Hasil DEPM sistem propulsi DMP untuk kondisi patroli (18 knot)

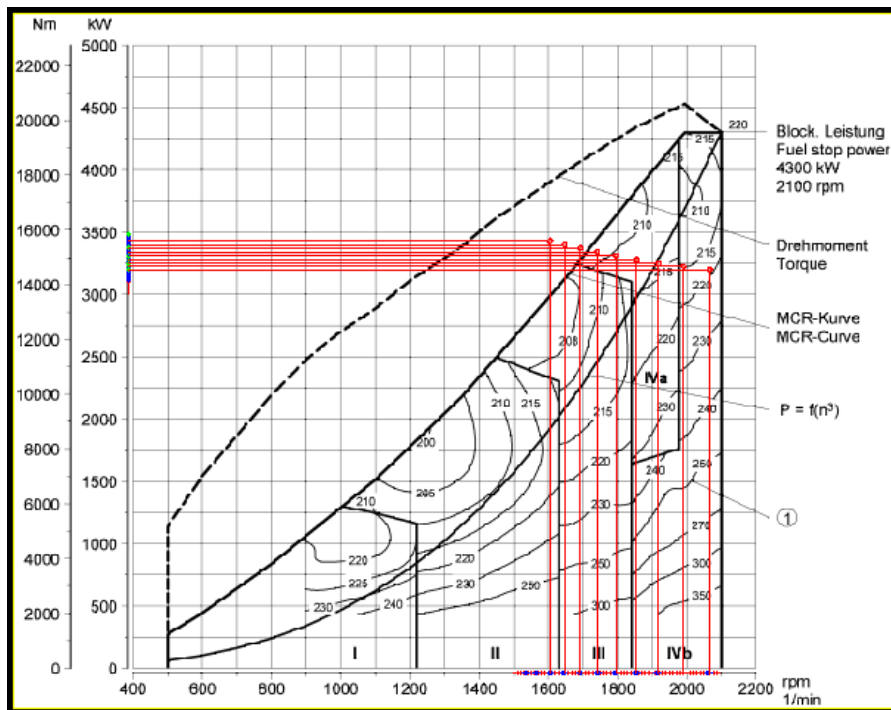
Dari hasil DEPM pada Gambar 4.5, rasio P/D yang menghasilkan *load factor* optimal untuk kondisi patroli (18 knot) adalah 1.3, yakni sebesar 49.54% dengan nilai SFOC sebesar 205 gr/kWh.

Tabel 4.10 *Speed–power prediction* pada berbagai rasio P/D pada $V_s = 22$ knot

V_s [knot]	P/D	P_B [kW]	% P_B	Rated RPM	% Rated RPM
22	0.5	3556.36	82.71%	3237.52	154.17%
	0.55	3394.98	78.95%	3004.89	143.09%
	0.6	3314.39	77.08%	2809.12	133.77%
	0.65	3253.46	75.66%	2641.93	125.81%
	0.7	3220.47	74.89%	2497.29	118.92%
	0.75	3204.08	74.51%	2371.04	112.91%
	0.8	3204.01	74.51%	2260.19	107.63%
	0.85	3217.16	74.82%	2162.46	102.97%
	0.852	3187.22	74.12%	2153.57	102.55%
	0.9	3196.45	74.34%	2068.70	98.51%
	0.95	3223.96	74.98%	1990.43	94.78%
	1.0	3245.93	75.49%	1919.33	91.40%
	1.05	3277.33	76.22%	1855.36	88.35%
	1.1	3309.15	76.96%	1796.82	85.56%
	1.15	3339.60	77.67%	1743.09	83.00%
	1.2	3372.74	78.44%	1693.64	80.65%
	1.25	3400.09	79.07%	1647.90	78.47%
	1.3	3429.78	79.76%	1605.93	76.47%
	1.35	3461.27	80.49%	1566.93	74.62%
	1.4	3486.21	81.07%	1530.68	72.89%

Pada Tabel 4.10, terlihat bahwa *load factor* paling optimal untuk kondisi pengejaran (22 knot) adalah 81.07% dengan rasio P/D = 1.40. Dengan cara mem-plotkan hasil ini ke dalam *engine performance diagram* dari mesin MTU 20V 4000 M93L, terlihat pada Gambar 4.6, saat kondisi pengejaran (22 knot) dengan rasio P/D 1.40 mesin induk mengalami *automatic emergency shut down* karena kondisi ini telah melewati batas operasionalnya. Maka dari itu, perlu dilakukan penggantian rasio P/D. Penggantian rasio P/D dalam hal

ini dilakukan dengan mempertimbangkan faktor ekonomis karena pada kondisi pengejaran (22 knot) rentang *load factor* yang dihasilkan oleh semua rasio P/D, yakni 0.90 sampai 1.40, berada dalam batas aman yaitu (60% ~ 90%) MCR sesuai standar yang ditetapkan oleh *engine maker*. Berikut ini hasil penge-plot-an seluruh *load factor* ke dalam *engine performance diagram*.



Gambar 4.6 Hasil DEPM sistem propulsi DMP untuk kondisi pengejaran (22 knot)

Dari hasil penge-plot-an yang ditampilkan Gambar 4.6, diketahui nilai-nilai SFOC pada rentang rasio P/D 0.90 ~ 1.40.

Tabel 4.11 Nilai-nilai SFOC pada rentang rasio P/D 0.90 ~ 1.40

Rasio P/D	SFOC [gr/kWh]
0.9	219.4
0.95	215
1.0	214
1.05	212.2
1.1	210.8
1.15	210

1.2	-
1.25	-
1.3	-
1.35	-
1.4	-

Jadi, pada kondisi pengejaran (22 knot) rasio P/D yang menghasilkan SFOC terendah adalah 1.15 dengan nilai ± 210 gr/kWh.

4.3.2. Analisa Engine – Propeller Matching pada Sistem Propulsi Hybrid

4.3.2.1. Pemilihan Shaft Motor dan Frequency Converter

Telah direncanakan di awal bahwa pada saat kondisi pengintaian (10 knot), OPV 80 M menggunakan mode *shaft motor* atau sering disebut mode *power take home* (PTH). Pada mode ini, motor diesel tidak beroperasi alias mati. Yang memutar poros propeller hanya *shaft motor*. Dengan demikian aktivitas pengintaian yang dilakukan menjadi jauh lebih senyap.

Berdasarkan hasil perhitungan pada Tabel 4.6, kebutuhan daya mesin induk untuk kondisi pengintaian (10 knot) sebesar 645.337 kW. Maka daya *shaft motor* yang akan dipasang minimal sebesar

$$\begin{aligned}
 P_{B_SM} &= 645.337 \text{ kW} / \eta_{SM} / \eta_{FC} \\
 &= 2 \times (322.669 \text{ kW} / 0.96 / 0.97) \\
 &= 2 \times 346.508 \text{ kW (twin screw)}
 \end{aligned}$$

Tabel 4.12 Spesifikasi *shaft generator motor* yang terpilih (ABB, 2006)

1	Merek	ABB
2	Tipe	M3BP 355 SMC 4
3	Jenis motor	Motor AC asinkron 3-fasa sangkar bajing
4	Tegangan nominal	400 VAC
5	Arus nominal	616 A
6	Frekuensi	50 Hz
7	<i>Rated power</i>	355 kW
8	<i>Rated speed</i>	1487 rpm
9	<i>Slip</i>	0.867% (13 rpm)
10	<i>Nominal torque</i>	2280 Nm
	<i>Maximum torque</i>	2.8 x <i>Nominal torque</i>
11	Faktor daya	0.86

12	Efisiensi	96.7% @ 100% load 96.6% @ 75% load
----	-----------	---------------------------------------

Untuk men-start sekaligus mengendalikan putaran *shaft motor*, diperlukan *frequency converter*. Spesifikasi *frequency converter* yang akan dipasang disesuaikan dengan spesifikasi *shaft motor* yang telah dipilih pada Tabel 4.12 sebelumnya.

Tabel 4.13 Spesifikasi *frequency converter* yang terpilih (ABB, 2016)

1	Merek	ABB
2	Tipe	ACS850-04-650A-5
3	<i>Supply voltage</i>	3-phase (380 ~ 500) VAC +10/-15%
4	Frekuensi masuk yang diizinkan	(50 ~ 60) Hz \pm 5%
5	Frekuensi keluaran yang bisa dihasilkan	0 ~ 599 Hz
6	Arus nominal yang dihasilkan ke <i>shaft motor</i>	650 A (maksimum)
7	Arus start yang dihasilkan ke <i>shaft motor</i>	730 A
8	<i>Rated power</i> dari <i>shaft motor</i>	355 kW

4.3.2.2. Pemilihan Mesin Induk dan *Gearbox*

Telah direncanakan bahwa pada saat OPV 80 m melakukan misi pengejaran ($V_s = 22$ knot), maka mesin induk dan *shaft motor* memutar poros CPP bersama-sama. Dari hasil perhitungan kebutuhan *brake power* pada Tabel 4.6, diketahui bahwa untuk mendorong kapal mencapai $V_s = 22$ knot pada *load factor* optimal, diperlukan *brake power* sebesar $P_{B\ 22\ knot} = 7050.54$ kW. Sehingga daya mesin induk yang akan dipasang adalah sebesar:

$$\begin{aligned}
 P_{B_ME} &= P_{B\ @\ 22\ knot} - P_{B_SM} \\
 &= 7637.399\ kW - (2 \times 355\ kW) \\
 &= 2 \times 3463.70\ kW\ (twin\ screw)
 \end{aligned}$$

Tabel 4.14 Spesifikasi mesin induk untuk sistem propulsi *hybrid* (MTU, 2013)

1	Merek dan tipe	MTU 20V 4000 M73L
2	<i>Rated power</i>	3600 kW
3	<i>Rated RPM</i>	2050 rpm
4	<i>Load factor</i> yang diizinkan	(60% ~ 90%) <i>rated power</i>
5	<i>Bore / stroke</i> (cm/cm)	17/19

Gearbox yang dipasang pada sistem propulsi *hybrid* memiliki konfigurasi *double input*, satu dari mesin induk dan satunya lagi dari *shaft generator motor*. Produsen *gearbox* ternama seperti ZF Friedrichshafen AG telah memproduksi *gearbox* khusus yang telah mendukung mode *hybrid* atau PTO/PTI.

Tabel 4.15 Spesifikasi *hybrid gearbox* yang terpilih (ZF, 2016)

1	Merek dan tipe	ZF 24060 D PTI
2	<i>Maximum input power</i>	4615 kW
3	<i>Maximum input speed</i>	2050 rpm
4	Rasio antara putaran <i>shaft motor</i> dan putaran mesin induk	1 : 1
5	Rasio antara putaran <i>shaft motor</i> dan putaran propeller	2.577 : 1
5	Rasio antara putaran ME dan putaran propeller	2.577 : 1
6	Berat	2650 kg

4.3.2.3. Pemilihan Propeller

Proses pemilihan propeller bertujuan untuk menemukan spesifikasi propeller yang paling efisien. Proses ini mencakup pemilihan jumlah daun propeller, kecepatan putaran propeller, dan diameter maksimum propeller (Woodward, 1971). Jumlah daun propeller berpengaruh terhadap efisiensi dan diameternya. Semakin banyak jumlah daun propeller maka efisiensi dan diameter propeller tersebut semakin besar. Namun semakin besar diameter propeller, maka semakin besar pula *noise* dan vibrasi yang ditimbulkannya. Pada kebanyakan kasus, propeller berdaun 3 mengakibatkan vibrasi longitudinal yang lebih tinggi daripada propeller berdaun 4 atau 5 pada putaran yang sama (Vorus, 1988). *Noise* dan vibrasi merupakan faktor penting

keberhasilan misi suatu kapal patroli, terutama misi pengintaian dan patroli. Oleh karena itu, propeller berdaun 3 dianggap tidak cocok untuk dipasang pada OPV 80 m.

Diameter propeller turut berpengaruh terhadap vibrasi hidrodinamik yang dialami lambung kapal. Dalam perencanaan diameter maksimum propeller, perlu dipertimbangkan *vertical clearance* antara *blade tip* dan lambung kapal. Semakin besar *vertical clearance* tersebut, semakin rendah vibrasi hidrodinamik yang dialami lambung kapal (Lewis, 1988). Dalam praktiknya, diameter propeller berkisar antara $(0.6 \sim 0.7) \times \text{draught}$. Untuk memaksimalkan *vertical clearance* guna meminimalisir *noise* dan vibrasi, diameter maksimum propeller yang diizinkan untuk OPV 80 m ditetapkan pada batas paling bawah, yakni sebesar

$$\begin{aligned} Dp_{\max} &= 0.6 \times \text{draught} \\ &= 0.6 \times 3 \text{ meter} \\ &= 1.80 \text{ meter} \end{aligned}$$

Kecepatan putaran propeller ditentukan dari kecepatan mesin induk dan rasio *gearbox* yang telah terpilih. Dari perhitungan sebelumnya, telah didapat kecepatan putaran maksimum mesin induk adalah 2050 rpm dan rasio *gearbox* sebesar 2.577:1. Maka diperoleh kecepatan putaran maksimum propeller sebesar

$$\begin{aligned} Np_{\max} &= 2050 \text{ rpm} / 2.577 \\ &= 795.5 \text{ rpm} \end{aligned}$$

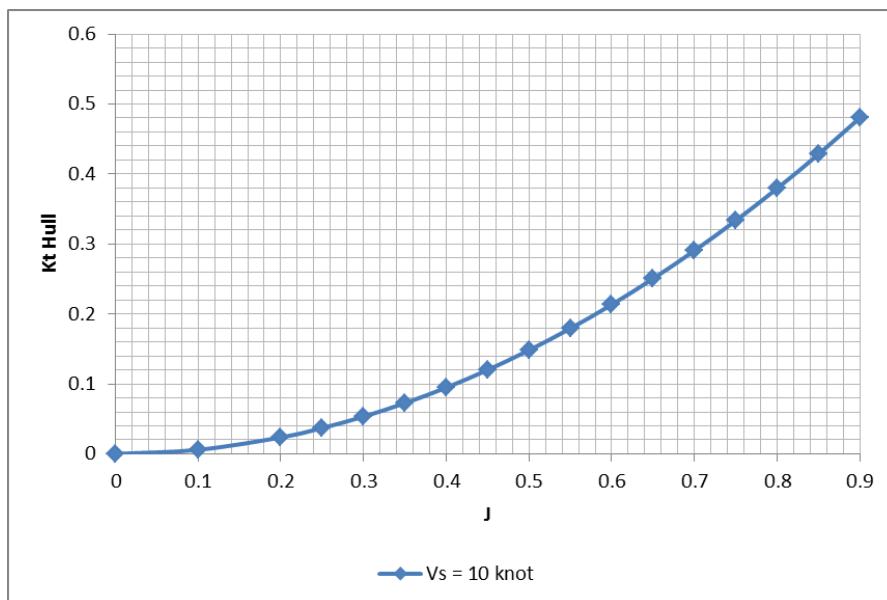
Tabel 4.16 Hasil pemilihan propeller untuk sistem propulsi *hybrid*

Propeller	D (m)	Batas Diameter	Rasio P/D	η_o	Batas Kavitasi
B4-40	1.585	OK	0.816	0.596	X
B4-55	1.601	OK	0.790	0.595	OK
B4-70	1.576	OK	0.8239	0.585	OK
B4-85	1.523	OK	0.8554	0.571	OK
B4-100	1.473	OK	0.9367	0.556	OK
B5-45	1.517	OK	0.8613	0.584	X
B5-60	1.537	OK	0.8404	0.588	OK
B5-75	1.529	OK	0.8404	0.585	OK
B5-90	1.511	OK	0.8933	0.574	OK
B5-105	1.456	OK	0.9393	0.562	OK

Dari Tabel 4.16, diperoleh propeller yang paling efisien dengan tingkat kavitasi yang masih dalam batas yang diizinkan, yakni Wageningen B4-55 dengan diameter 1.601 m, rasio P/D 0.790, dan efisiensi *open water* 0.595.

4.3.2.4. Analisa *Shaft Motor – Propeller Matching* untuk Kondisi Pengintaian (10 Knot)

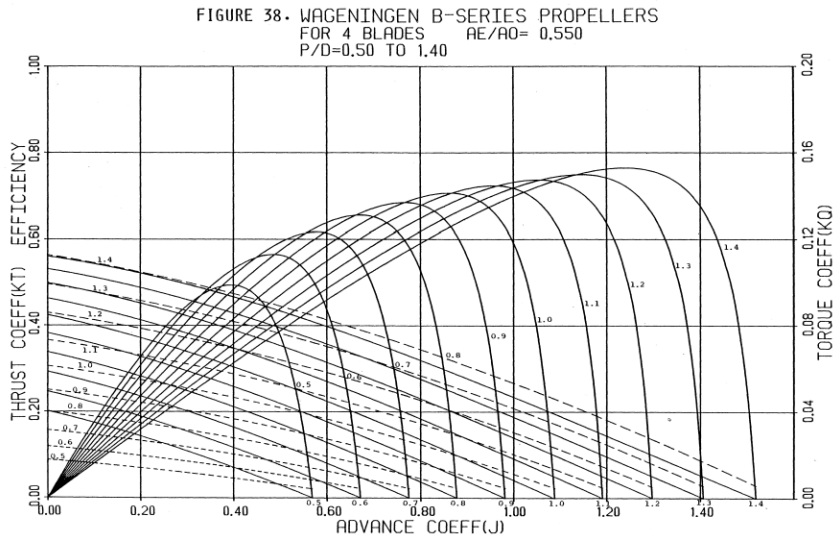
Tujuan dari analisa *shaft motor – propeller matching* (SMPM) adalah untuk menemukan *matching point* antara unjuk kerja *shaft motor* dengan unjuk kerja propeller di mana syarat *matching point* tersebut adalah torsi yang dihasilkan *shaft motor* (Q_{SM}) haruslah sama dengan atau lebih besar daripada torsi yang dibutuhkan propeller (Q_P) guna menghasilkan *thrust* yang dibutuhkan lambung kapal untuk bergerak pada suatu kecepatan yang diinginkan (www.web.mit.edu). Dalam hal ini kecepatan yang diinginkan tersebut adalah 10 knot. Dengan menggunakan Persamaan 4.4, dapat dibuat kurva K_{tHull} vs J untuk $V_s = 10$ knot seperti yang ditampilkan pada Gambar 4.7.



Gambar 4.7 Kurva K_{tHull} vs J pada kondisi pengintaian (10 knot)

Grafik K_{tHull} vs J pada Gambar 4.6 kemudian diplotkan ke dalam kurva diagram *open water diagram* dari propeller yang telah terpilih, yakni Wageningen B4-55 (Gambar 4.8), pada berbagai rasio P/D. Tujuan dari pengeplotan ini adalah menemukan titik interseksi antara kurva K_{tHull} vs J

dengan kurva $K_{t_{prop}}$ vs J . Titik interseksi tersebut berupa harga-harga J , K_q , dan η_o (Lampiran D) yang nantinya digunakan untuk membuat grafik karakteristik beban propeller pada berbagai rasio P/D .



Gambar 4.8 Diagram *open water propeller* dari propeller Wageningen B4-65 (Bernitsas et al, 1981)

Pada analisa SMPM, grafik karakteristik beban propeller cukup digambarkan sebagai grafik Q_P vs N_S sedangkan grafik unjuk kerja *shaft motor* digambarkan sebagai grafik Q_{SM} vs N_S yang mana N_S adalah *synchronous speed* dari *shaft motor* yang tertera pada Tabel 4.12.

Dari harga-harga J , K_q , dan η_o pada berbagai rasio P/D pada berbagai V_s pada sistem propulsi *hybrid* yang ditampilkan pada Lampiran D, dapat dibuat grafik Q_P vs N_R pada berbagai rasio P/D dari $V_s = 5$ knot sampai $V_s = 10$ knot.

Tabel 4.17 Hubungan antara torsi yang dibutuhkan propeller (Q_P) dan *rated speed* dari *shaft motor* (N_R) pada berbagai rasio P/D dari $V_s = 5$ knot sampai $V_s = 10$ knot

V_s	P/D	Q_P	$\% Q_P$	N_R	$\% N_R$
[knot]		[Nm]		[RPM]	
5	0.5	1677.39	73.57%	648.01	43.20%
	0.55	1729.22	75.84%	604.92	40.33%
	0.6	1795.50	78.75%	568	37.87%
	0.65	1873.44	82.17%	536.22	35.75%

	0.7	1959.44	85.94%	508.57	33.90%
	0.75	2052.07	90.00%	484.36	32.29%
	0.79	2130.96	93.46%	467.01	31.13%
	0.8	2149.84	94.29%	463	30.87%
	0.85	2251.73	98.76%	444.04	29.60%
	0.9	2356.72	103.36%	427.09	28.47%
	0.95	2464.29	108.08%	411.86	27.46%
	1.0	2573.21	112.86%	398.08	26.54%
	1.05	2682.92	117.67%	385.55	25.70%
	1.1	2795.53	122.61%	374.25	24.95%
	1.15	2905.84	127.45%	364	24.25%
	1.2	3017.57	132.35%	354.29	23.62%
	1.25	3127.78	137.18%	345.52	23.03%
	1.3	3235.21	141.90%	337.39	22.49%
	1.35	3338.81	146.44%	329.83	21.99%
	1.4	3439.02	150.83%	322.81	21.52%
V_s	P/D	Q_P	% Q_P	N_R	% N_R
[knot]		[Nm]		[RPM]	
6	0.5	2348.86	103.02%	771.51	51.43%
	0.55	2419.42	106.12%	719.91	47.99%
	0.6	2513.04	110.22%	675.93	45.06%
	0.65	2622.58	115.03%	638.04	42.54%
	0.7	2743.08	120.31%	605.06	40.34%
	0.75	2872.56	125.99%	576.15	38.41%
	0.79	2981.73	130.78%	555.36	37.02%
	0.8	3010.09	132.02%	550.70	36.71%
	0.85	3153.07	138.29%	528.09	35.21%
	0.9	3297.96	144.65%	507.75	33.85%
	0.95	3449.17	151.28%	489.61	32.64%
	1.0	3603.23	158.04%	473.24	31.55%
	1.05	3756.82	164.77%	458.29	30.55%
	1.1	3912.41	171.60%	444.71	29.65%
	1.15	4069.91	178.50%	432.36	28.82%
	1.2	4225.85	185.34%	421	28.07%
	1.25	4381.22	192.16%	410.57	27.37%
	1.3	4530.61	198.71%	400.84	26.72%

	1.35	4678.27	205.19%	391.89	26.13%
	1.4	4816.17	211.24%	383.45	25.56%
V_s	P/D	Q_P	% Q_P	N_R	% N_R
[knot]		[Nm]		[RPM]	
7	0.5	3120.85	136.88%	894.01	59.60%
	0.55	3214.32	140.98%	834.06	55.60%
	0.6	3339.42	146.47%	783.07	52.20%
	0.65	3482.47	152.74%	738.92	49.26%
	0.7	3643.44	159.80%	700.68	46.71%
	0.75	3816.88	167.41%	667.2	44.48%
	0.79	3961.88	173.77%	643.05	42.87%
	0.8	3998.28	175.36%	637.58	42.51%
	0.85	4190.15	183.78%	611.42	40.76%
	0.9	4384	192.26%	587.83	39.19%
	0.95	4583.46	201.03%	566.72	37.78%
	1.0	4788.69	210.03%	547.73	36.52%
	1.05	4992.63	218.97%	530.37	35.36%
	1.1	5199.24	228.04%	514.6	34.31%
	1.15	5410.05	237.28%	500.31	33.35%
	1.2	5616.75	246.35%	487.09	32.47%
	1.25	5821.86	255.34%	474.94	31.66%
	1.3	6020.07	264.04%	463.64	30.91%
	1.35	6217.54	272.70%	453.28	30.22%
	1.4	6402.77	280.82%	443.54	29.57%
V_s	P/D	Q_P	% Q_P	N_R	% N_R
[knot]		[Nm]		[RPM]	
8	0.5	3994.93	175.22%	1016.02	67.73%
	0.55	4115.33	180.50%	947.83	63.19%
	0.6	4274.06	187.46%	889.7	59.31%
	0.65	4457.70	195.51%	839.5	55.96%
	0.7	4663.04	204.52%	795.87	53.06%
	0.75	4886.96	214.34%	757.86	50.52%
	0.79	5073.02	222.50%	730.40	48.69%
	0.8	5118.44	224.49%	724.11	48.27%
	0.85	5361.47	235.15%	694.21	46.28%
	0.9	5614.28	246.24%	667.58	44.51%

	0.95	5868.66	257.40%	643.48	42.90%
	1.0	6127.89	268.77%	621.74	41.45%
	1.05	6394.16	280.45%	602.15	40.14%
	1.1	6659.02	292.06%	584.20	38.95%
	1.15	6926.63	303.80%	567.86	37.86%
	1.2	7192.38	315.46%	552.85	36.86%
	1.25	7453.48	326.91%	539	35.93%
	1.3	7711.17	338.21%	526.21	35.08%
	1.35	7958.99	349.08%	514.30	34.29%
	1.4	8198.94	359.60%	503.28	33.55%
V_s	P/D	Q_P	% Q_P	N_R	% N_R
[knot]		[Nm]		[RPM]	
9	0.5	4972.03	218.07%	1137.724	75.85%
	0.55	5118.75	224.51%	1061.107	70.74%
	0.6	5316.323	233.17%	995.933	66.40%
	0.65	5548.200	243.34%	939.772	62.65%
	0.7	5803.637	254.55%	890.895	59.39%
	0.75	6080.874	266.70%	848.199	56.55%
	0.79	6312.317	276.86%	817.400	54.49%
	0.8	6369.895	279.38%	810.384	54.03%
	0.85	6672.495	292.65%	776.866	51.79%
	0.9	6988.437	306.51%	747.046	49.80%
	0.95	7304.285	320.36%	719.997	48.00%
	1.0	7624.116	334.39%	695.524	46.37%
	1.05	7959.689	349.11%	673.674	44.91%
	1.1	8290.411	363.61%	653.577	43.57%
	1.15	8622.015	378.16%	635.209	42.35%
	1.2	8953.581	392.70%	618.390	41.23%
	1.25	9279.072	406.98%	602.851	40.19%
	1.3	9600.445	421.07%	588.541	39.24%
	1.35	9906.821	434.51%	575.154	38.34%
	1.4	10204.0	447.54%	562.768	37.52%
V_s	P/D	Q_P	% Q_P	N_R	% N_R
[knot]		[Nm]		[RPM]	
10	0.5	6055.68	265.60%	1259.524	83.97%
	0.55	6231.339	273.30%	1174.435	78.30%

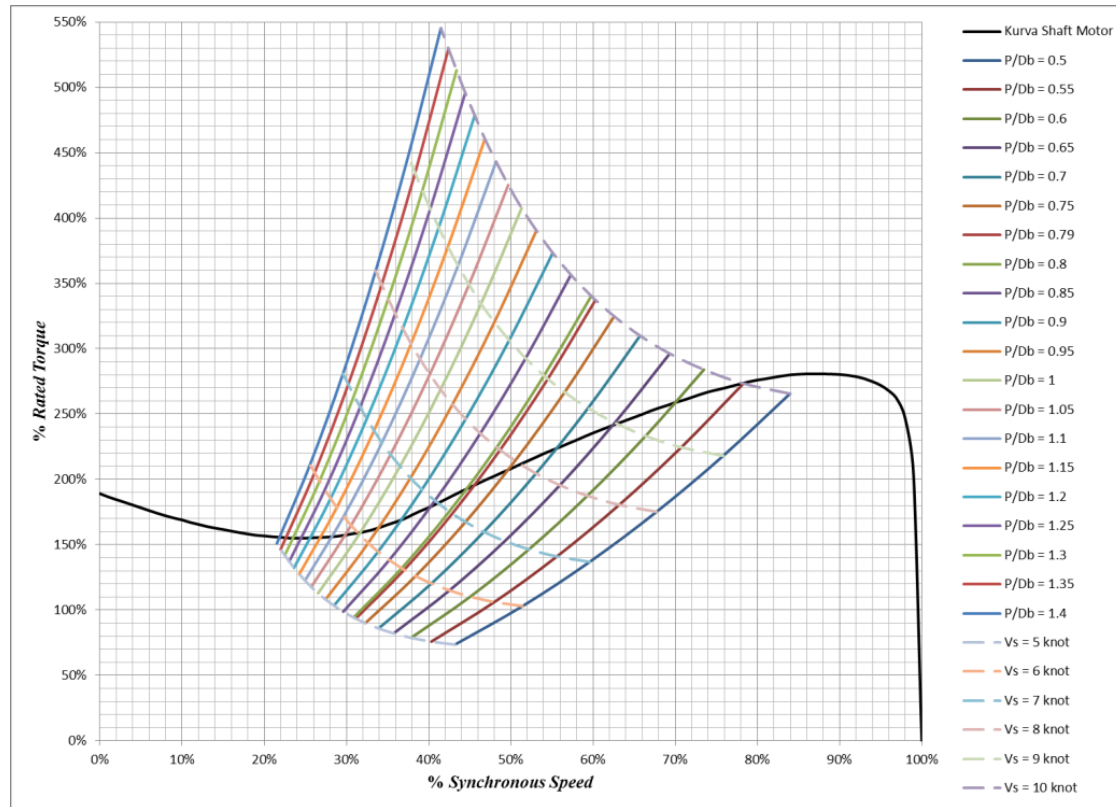
	0.6	6475.07	283.99%	1102.374	73.49%
	0.65	6754.566	296.25%	1039.984	69.33%
	0.7	7066.289	309.92%	985.842	65.72%
	0.75	7405.348	324.80%	938.582	62.57%
	0.79	7689.389	337.25%	904.521	60.30%
	0.8	7760.04	340.35%	896.767	59.78%
	0.85	8128.85	356.53%	859.606	57.31%
	0.9	8511.301	373.30%	826.473	55.10%
	0.95	8901.915	390.43%	796.671	53.11%
	1.0	9293.571	407.61%	769.604	51.31%
	1.05	9697.291	425.32%	745.237	49.68%
	1.1	10103.93	443.15%	723.051	48.20%
	1.15	10501.63	460.60%	702.543	46.84%
	1.2	10912.29	478.61%	684.052	45.60%
	1.25	11306.16	495.88%	666.769	44.45%
	1.3	11697.91	513.07%	650.914	43.39%
	1.35	12074.69	529.59%	636.147	42.41%
	1.4	12433.63	545.33%	622.363	41.49%

Dari Tabel 4.17, dapat dibuat grafik karakteristik beban propeller yang digambarkan sebagai grafik Q_P vs N_R . Grafik Q_P vs N_R tersebut kemudian diplotkan ke dalam grafik Q_{SM} vs N_R untuk menemukan *matching point* antara unjuk kerja propeller dan unjuk kerja *shaft motor*.

Dari hasil analisa SMPM pada Gambar 4.9, diketahui bahwa *matching point* terletak pada rasio $P/D = 0.55$.

Tabel 4.18 Rasio P/D yang memungkinkan untuk mencapai kondisi pengintaian (10 knot)

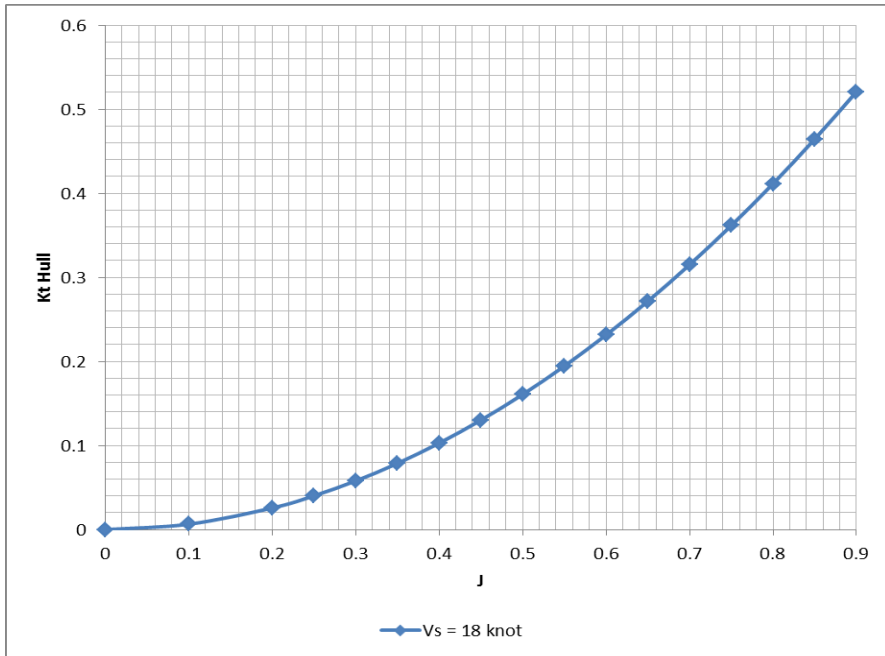
Rasio P/D yang <i>match</i>	Kebutuhan torsi, putaran, dan daya motor			
	% <i>Rated torque</i>	% <i>Rated speed</i>	% <i>Rated power</i>	P_B
				[kW]
0.55	273.30%	78.30%	87.26%	309.776



Gambar 4.9 Hasil analisa SMPM pada berbagai rasio P/D untuk $V_s = 5$ knot sampai $V_s = 10$ knot

4.3.2.5. Analisa *Diesel Engine – Propeller Matching* untuk Kondisi Patroli (18 Knot)

Sama seperti pada kasus analisa DEPM pada Subbab 4.3.1 dan kasus analisa SMPM pada Subbab 4.3.2.4, pertama-tama dibuat kurva K_{tHull} vs J untuk $V_s = 18$ knot.



Gambar 4.10 Kurva K_{tHull} vs J pada kondisi kondisi patroli (18 knot)

Grafik K_{tHull} vs J pada Gambar 4.10 kemudian diplotkan ke dalam diagram *open water diagram* dari propeller Wageningen B4-55 (Gambar 4.8), pada berbagai rasio P/D . Tujuan dari pengeplotan ini adalah menemukan titik interseksi antara kurva K_{tHull} vs J dengan kurva K_{tProp} vs J . Titik interseksi tersebut berupa harga-harga J , K_q , dan η_o yang nantinya digunakan untuk membuat grafik karakteristik beban propeller pada berbagai rasio P/D . Dari harga-harga J , K_q , dan η_o (Lampiran D), diperoleh karakteristik beban propeller pada berbagai rasio P/D dan V_s yang akan dipakai untuk memperhitungkan *load factor* mesin induk. Pada analisa DEPM, grafik karakteristik beban propeller digambarkan sebagai grafik % daya mesin induk vs % rpm mesin induk sedangkan grafik unjuk kerja mesin induk digambarkan dalam *engine envelope diagram*-nya.

Tabel 4.19 *Speed–power prediction* pada berbagai rasio P/D dari Vs = 10 knot sampai Vs = 18 knot

Vs	P/D	P _B	% Rated Power	N _{ME} [RPM]	% Rated RPM
[knot]		[kW]			
10	0.5	327.194	9.09%	1259.524	61.44%
	0.55	313.940	8.72%	1174.435	57.29%
	0.6	306.203	8.51%	1102.374	53.77%
	0.65	301.342	8.37%	1039.984	50.73%
	0.7	298.838	8.30%	985.842	48.09%
	0.75	298.163	8.28%	938.582	45.78%
	0.79	298.364	8.29%	904.521	44.12%
	0.85	298.525	8.29%	896.767	43.74%
	0.852	299.754	8.33%	859.606	41.93%
	0.9	301.760	8.38%	826.473	40.32%
	0.95	304.228	8.45%	796.671	38.86%
	1.0	306.822	8.52%	769.604	37.54%
	1.05	310.014	8.61%	745.237	36.35%
	1.1	313.398	8.71%	723.051	35.27%
	1.15	316.494	8.79%	702.543	34.27%
	1.2	320.215	8.89%	684.052	33.37%
	1.25	323.390	8.98%	666.769	32.53%
	1.3	326.639	9.07%	650.914	31.75%
	1.35	329.511	9.15%	636.147	31.03%
	1.4	331.954	9.22%	622.363	30.36%
Vs	P/D	P _B	% Rated Power	N _{ME} [RPM]	% Rated RPM
[knot]		[kW]			
11	0.5	430.213	11.95%	1382.031	67.42%
	0.55	412.844	11.47%	1288.625	62.86%
	0.6	402.633	11.18%	1209.451	59.00%
	0.65	396.266	11.01%	1140.975	55.66%
	0.7	392.957	10.92%	1081.505	52.76%
	0.75	391.987	10.89%	1029.546	50.22%
	0.79	392.378	10.90%	992.233	48.40%
	0.8	392.604	10.91%	983.724	47.99%

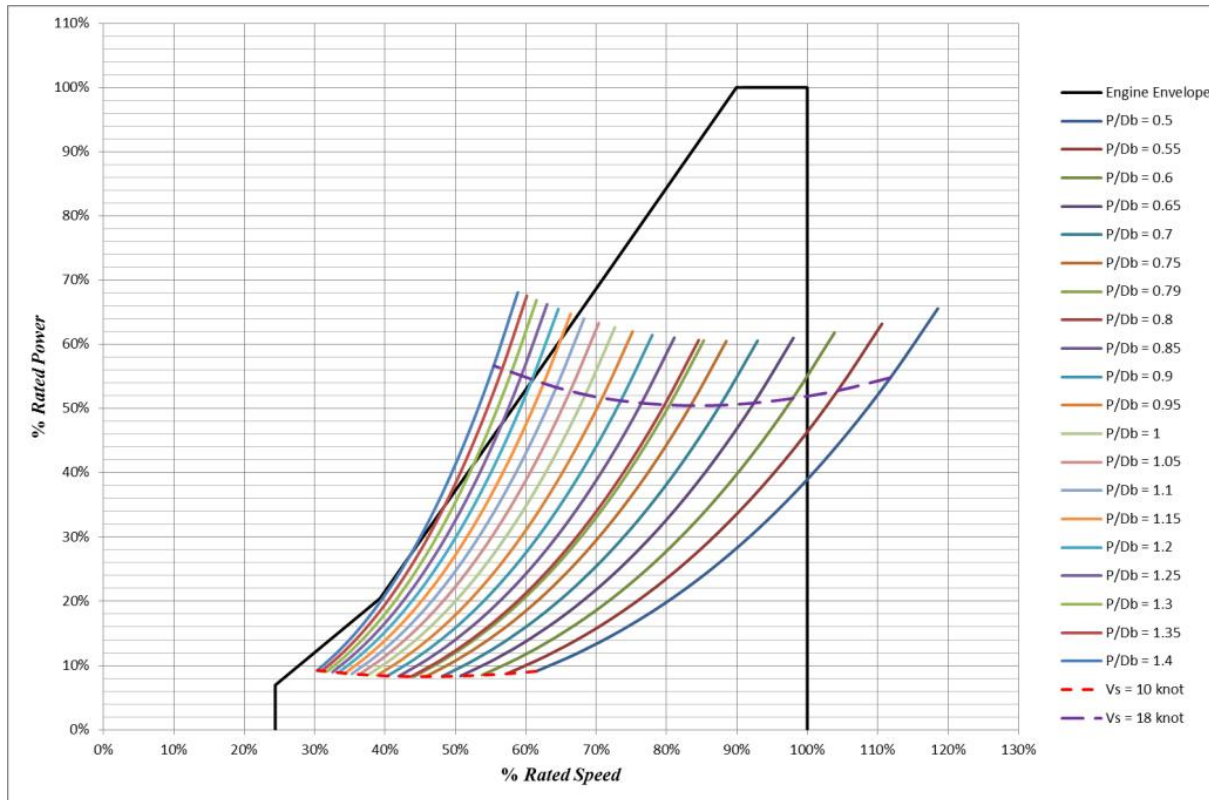
	0.85	394.043	10.95%	942.816	45.99%
	0.9	396.703	11.02%	906.451	44.22%
	0.95	399.964	11.11%	873.736	42.62%
	1.0	403.451	11.21%	844.059	41.17%
	1.05	407.677	11.32%	817.320	39.87%
	1.1	412.016	11.44%	792.905	38.68%
	1.15	416.291	11.56%	770.491	37.58%
	1.2	421.049	11.70%	750.126	36.59%
	1.25	425.130	11.81%	731.109	35.66%
	1.3	429.415	11.93%	713.714	34.82%
	1.35	433.286	12.04%	697.543	34.03%
	1.4	436.354	12.12%	682.354	33.29%
Vs	P/D	P_B	% Rated Power	N_{ME}	% Rated RPM
[knot]		[kW]			
12	0.5	554.617	15.41%	1505.747	73.45%
	0.55	532.287	14.79%	1403.943	68.49%
	0.6	519.387	14.43%	1317.780	64.28%
	0.65	510.958	14.19%	1242.981	60.63%
	0.7	507.032	14.08%	1178.334	57.48%
	0.75	505.750	14.05%	1121.661	54.72%
	0.79	506.212	14.06%	1080.945	52.73%
	0.8	506.532	14.07%	1071.692	52.28%
	0.85	508.509	14.13%	1027.158	50.11%
	0.9	512.061	14.22%	987.562	48.17%
	0.95	516.067	14.34%	951.802	46.43%
	1.0	520.465	14.46%	919.397	44.85%
	1.05	526.043	14.61%	890.311	43.43%
	1.1	531.553	14.77%	863.660	42.13%
	1.15	537.193	14.92%	839.273	40.94%
	1.2	543.368	15.09%	817.092	39.86%
	1.25	548.613	15.24%	796.358	38.85%
	1.3	554.246	15.40%	777.433	37.92%
	1.35	559.301	15.54%	759.831	37.06%
	1.4	563.219	15.64%	743.260	36.26%
Vs	P/D	P_B	% Rated	N_{ME}	% Rated

[knot]		[kW]	Power	[RPM]	RPM
13	0.5	704.242	19.56%	1631.371	79.58%
	0.55	676.253	18.78%	1521.173	74.20%
	0.6	659.489	18.32%	1427.538	69.64%
	0.65	649.153	18.03%	1346.651	65.69%
	0.7	644.069	17.89%	1276.518	62.27%
	0.75	642.717	17.85%	1215.228	59.28%
	0.79	643.317	17.87%	1171.095	57.13%
	0.8	643.664	17.88%	1161.027	56.64%
	0.85	646.110	17.95%	1112.731	54.28%
	0.9	650.542	18.07%	1069.781	52.18%
	0.95	656.023	18.22%	1031.183	50.30%
	1.0	661.936	18.39%	996.186	48.59%
	1.05	668.808	18.58%	964.574	47.05%
	1.1	675.918	18.78%	935.727	45.65%
	1.15	683.021	18.97%	909.276	44.35%
	1.2	690.964	19.19%	885.269	43.18%
	1.25	697.821	19.38%	862.858	42.09%
	1.3	704.643	19.57%	842.243	41.09%
	1.35	711.175	19.75%	823.203	40.16%
	1.4	715.953	19.89%	805.188	39.28%
Vs		P _B	% Rated Power	N _{ME}	% Rated RPM
[knot]	P/D	[kW]		[RPM]	
14	0.5	882.552	24.52%	1758.906	85.80%
	0.55	848.160	23.56%	1640.304	80.01%
	0.6	827.197	22.98%	1539.355	75.09%
	0.65	814.409	22.62%	1452.121	70.84%
	0.7	808.249	22.45%	1376.571	67.15%
	0.75	806.705	22.41%	1310.506	63.93%
	0.79	807.627	22.43%	1262.955	61.61%
	0.8	808.020	22.44%	1252.085	61.08%
	0.85	811.458	22.54%	1200.112	58.54%
	0.9	816.952	22.69%	1153.761	56.28%
	0.95	823.913	22.89%	1112.152	54.25%
	1.0	831.168	23.09%	1074.354	52.41%

	1.05	839.773	23.33%	1040.253	50.74%
	1.1	848.995	23.58%	1009.230	49.23%
	1.15	857.848	23.83%	980.681	47.84%
	1.2	867.924	24.11%	954.819	46.58%
	1.25	876.483	24.35%	930.641	45.40%
	1.3	885.363	24.59%	908.494	44.32%
	1.35	893.365	24.82%	887.905	43.31%
	1.4	899.516	24.99%	868.520	42.37%
Vs	P/D	P_B	% Rated Power	N_{ME}	% Rated RPM
[knot]		[kW]			
15	0.5	1094.412	30.40%	1888.860	92.14%
	0.55	1052.214	29.23%	1761.631	85.93%
	0.6	1026.680	28.52%	1653.313	80.65%
	0.65	1011.287	28.09%	1559.778	76.09%
	0.7	1003.730	27.88%	1478.625	72.13%
	0.75	1001.642	27.82%	1407.586	68.66%
	0.79	1003.072	27.86%	1356.610	66.18%
	0.8	1003.781	27.88%	1344.994	65.61%
	0.85	1008.022	28.00%	1289.162	62.89%
	0.9	1015.372	28.20%	1239.526	60.46%
	0.95	1023.922	28.44%	1194.798	58.28%
	1.0	1032.920	28.69%	1154.189	56.30%
	1.05	1043.542	28.99%	1117.547	54.51%
	1.1	1055.018	29.31%	1084.235	52.89%
	1.15	1066.585	29.63%	1053.725	51.40%
	1.2	1078.647	29.96%	1025.831	50.04%
	1.25	1089.732	30.27%	999.974	48.78%
	1.3	1100.861	30.58%	976.212	47.62%
	1.35	1110.664	30.85%	954.069	46.54%
	1.4	1118.895	31.08%	933.382	45.53%
Vs	P/D	P_B	% Rated Power	N_{ME}	% Rated RPM
[knot]		[kW]			
16	0.5	1344.143	37.34%	2021.205	98.60%
	0.55	1292.363	35.90%	1885.002	91.95%
	0.6	1261.788	35.05%	1769.292	86.31%

	0.65	1243.428	34.54%	1669.352	81.43%
	0.7	1234.008	34.28%	1582.436	77.19%
	0.75	1232.698	34.24%	1506.775	73.50%
	0.79	1234.196	34.28%	1452.132	70.84%
	0.8	1235.036	34.31%	1439.704	70.23%
	0.85	1240.062	34.45%	1379.879	67.31%
	0.9	1249.265	34.70%	1326.812	64.72%
	0.95	1260.366	35.01%	1279.103	62.40%
	1.0	1270.860	35.30%	1235.498	60.27%
	1.05	1285.395	35.71%	1196.638	58.37%
	1.1	1299.321	36.09%	1160.948	56.63%
	1.15	1313.594	36.49%	1128.303	55.04%
	1.2	1328.612	36.91%	1098.495	53.59%
	1.25	1342.042	37.28%	1070.783	52.23%
	1.3	1356.180	37.67%	1045.447	51.00%
	1.35	1367.943	38.00%	1021.691	49.84%
	1.4	1379.312	38.31%	999.797	48.77%
	Vs	P/D	P_B	% Rated Power	N_{ME}
	[knot]		[kW]		
17	0.5	1636.080	45.45%	2155.757	105.16%
	0.55	1573.875	43.72%	2010.636	98.08%
	0.6	1537.280	42.70%	1887.387	92.07%
	0.65	1515.488	42.10%	1780.894	86.87%
	0.7	1505.298	41.81%	1688.540	82.37%
	0.75	1502.310	41.73%	1607.430	78.41%
	0.79	1505.231	41.81%	1549.424	75.58%
	0.8	1506.218	41.84%	1536.157	74.93%
	0.85	1513.361	42.04%	1472.591	71.83%
	0.9	1524.834	42.36%	1416.039	69.08%
	0.95	1537.466	42.71%	1364.941	66.58%
	1.0	1552.086	43.11%	1318.830	64.33%
	1.05	1569.644	43.60%	1277.342	62.31%
	1.1	1585.653	44.05%	1239.067	60.44%
	1.15	1603.912	44.55%	1204.423	58.75%

	1.2	1622.461	45.07%	1172.674	57.20%
	1.25	1639.046	45.53%	1143.152	55.76%
	1.3	1655.996	46.00%	1116.075	54.44%
	1.35	1670.836	46.41%	1090.828	53.21%
	1.4	1684.789	46.80%	1067.487	52.07%
Vs	P/D	P_B	% Rated Power	N_{ME}	% Rated RPM
[knot]		[kW]			
18	0.5	1973.439	54.82%	2292.061	111.81%
	0.55	1900.522	52.79%	2138.243	104.30%
	0.6	1857.384	51.59%	2007.396	97.92%
	0.65	1831.871	50.89%	1894.352	92.41%
	0.7	1818.814	50.52%	1795.905	87.61%
	0.75	1816.953	50.47%	1710.060	83.42%
	0.79	1820.241	50.56%	1648.303	80.41%
	0.8	1821.410	50.59%	1634.194	79.72%
	0.85	1831.330	50.87%	1566.860	76.43%
	0.9	1844.225	51.23%	1506.524	73.49%
	0.95	1859.756	51.66%	1452.231	70.84%
	1.0	1878.002	52.17%	1403.313	68.45%
	1.05	1898.625	52.74%	1359.091	66.30%
	1.1	1919.167	53.31%	1318.610	64.32%
	1.15	1941.857	53.94%	1281.877	62.53%
	1.2	1963.877	54.55%	1248.051	60.88%
	1.25	1985.063	55.14%	1216.846	59.36%
	1.3	2005.158	55.70%	1187.990	57.95%
	1.35	2023.517	56.21%	1161.208	56.64%
	1.4	2040.529	56.68%	1136.413	55.43%



Gambar 4.11 Hasil analisa DEPM dari kondisi pengintaian ($V_s = 10$ knot) sampai kondisi patroli ($V_s = 18$ knot) sebelum dibebani *shaft generator* 355 kWe

Pada Tabel 4.19, terlihat bahwa *load factor* paling optimal untuk kondisi patroli (18 knot) adalah 56.68% dengan rasio P/D = 1.40 sedangkan *load factor* mesin induk yang diizinkan berada dalam rentang (60% ~ 90%) MCR. Untuk mengoptimalkan *load factor* mesin induk pada kondisi patroli (18 knot), mode PTO atau *shaft generator* harus diaktifkan.

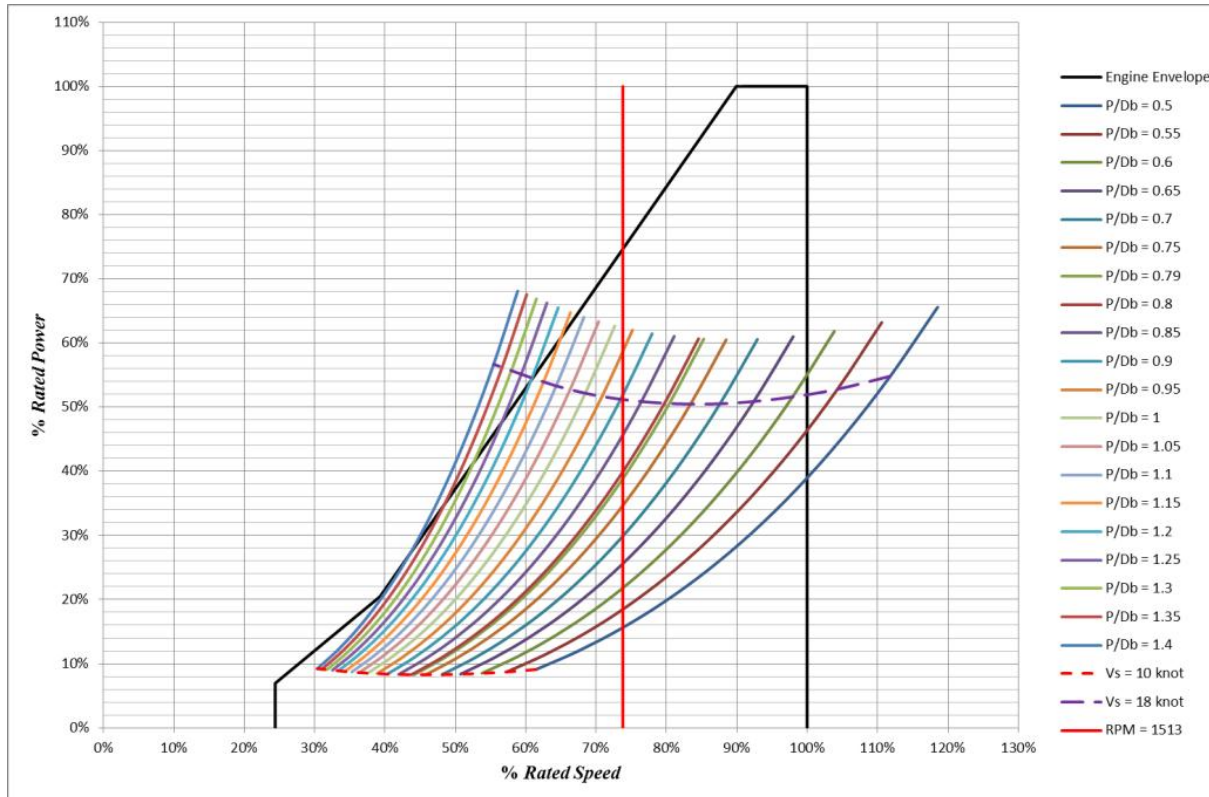
Dari grafik Q_{SM} vs N_S mesin induksi merek ABB M3BP 355 SMC 4 pada Gambar 2.8, diketahui bahwa untuk menghasilkan daya listrik yang stabil sebesar 355 kWe pada frekuensi 50 Hz dan tegangan nominal 400 V, rotor dari *shaft generator* harus diputar pada kecepatan

$$\begin{aligned} N_{SG} &= N_S (1 + \text{slip}) \\ &= 1500 \text{ rpm} (1 + 0.867\%) \\ &= 1513 \text{ rpm} \end{aligned}$$

Dan juga diketahui bahwa rasio antara putaran ME dan SGM sebesar 1 : 1 sehingga untuk memutar rotor *shaft generator* pada kecepatan $N_{SG} = 1530$ rpm diperlukan kecepatan ME sebesar

$$\begin{aligned} N_{ME_SG} &= N_{SG} \times \text{rasio} \\ &= 1513 \text{ rpm} \times 1 \\ &= 1513 \text{ rpm} \\ &= (1513 \text{ rpm} / 2050 \text{ rpm}) \times 100\% \\ &= 73.805\% \text{ rated speed} \end{aligned}$$

Artinya, untuk menghasilkan daya listrik sebesar 355 kWe pada tegangan nominal 400 V dan frekuensi 50 Hz, putaran mesin induk harus sama dengan 1513 rpm atau setara dengan 73.805% *rated speed*-nya.



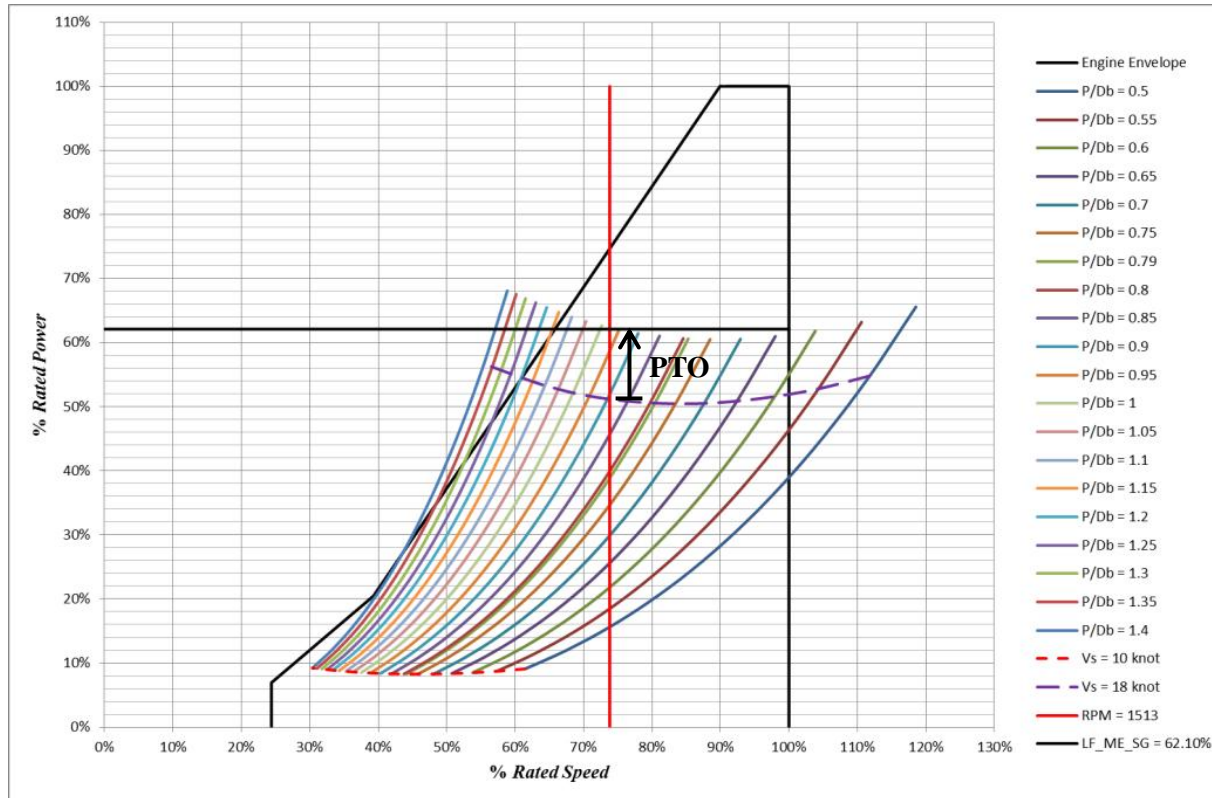
Gambar 4.12 *Load factor* pada rasio $P/D = 0.9$ pada kondisi patroli ($V_s = 18$ knot) sebelum dibebani *shaft generator* 355 kWe

Pada Gambar 4.12 terlihat bahwa sebelum dibebani *shaft generator*, rasio $P/D = 0.9$ menghasilkan putaran mesin induk sebesar $N_{ME_SG} = 1513$ rpm pada $V_s = 18$ knot dengan *load factor* mesin induk sebesar 51.55%.

Setelah dibebani *shaft generator* 355 kWe, maka *load factor* mesin induk menjadi sebesar

$$\begin{aligned} LF_{ME_SG} &= 51.55\% + (355 \text{ kWe} / \eta_{gearbox} / \eta_{SM@beban_100\%} / 3600 \text{ kW}) \times 100\% \\ &= 51.55\% + (355 \text{ kWe} / 0.967 / 0.967 / 3600 \text{ kW}) \times 100\% \\ &= 51.55\% + 10.546\% \\ &= 62.10\% \end{aligned}$$

Dengan pengeplotan garis $LF_{ME_SG} = 62.10\%$ ke dalam Gambar 4.12 diperoleh Gambar 4.13. Dengan adanya peningkatan *load factor*, maka kurva rasio $P/D = 0.9$ mengalami pergeseran naik (Gambar 4.13).



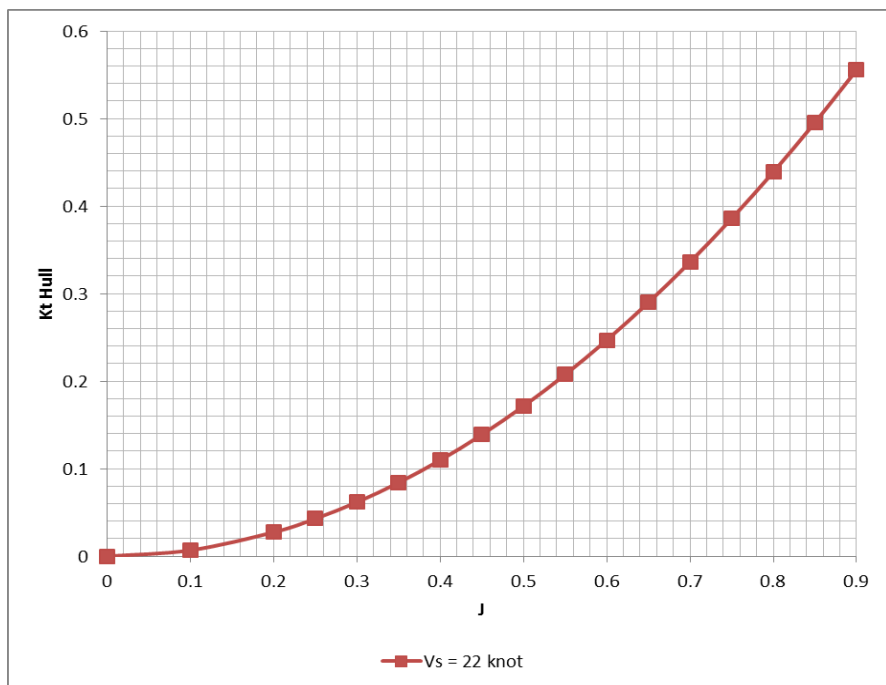
Gambar 4.13 Load factor pada rasio P/D = 0.9 pada kondisi patroli ($V_s = 18$ knot) sesudah dibebani shaft generator 355 kWe

Jadi, dari sini dapat dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut.

1. Sebelum dibebani *shaft generator*, *load factor* mesin induk pada putaran **1513 rpm** hanya sebesar **51.55%**.
2. Setelah dibebani *shaft generator* 355 kWe, *load factor* mesin induk pada putaran **1513 rpm** menjadi **62.10%**. Pada kondisi ini, rasio P/D yang mampu mendorong kapal mencapai $V_s = 18$ knot agar *shaft generator* menghasilkan daya listrik sebesar 355 kWe adalah rasio $P/D = 0.9$.

4.3.2.6. Analisa *Diesel Engine – Propeller Matching* untuk Kondisi Pengejaran (22 knot)

Sama seperti pada kasus analisa DEPM pada Subbab 4.3.2.5, pertama-tama dibuat kurva K_{tHull} vs J untuk $V_s = 22$ knot.



Gambar 4.14 Kurva K_{tHull} vs J pada kondisi kondisi pengejaran (22 knot)

Grafik K_{tHull} vs J pada Gambar 4.14 kemudian diplotkan ke dalam kurva K_{tProp} vs J dari diagram *open water diagram* dari propeller Wageningen B4-55 (Gambar 4.8), pada berbagai rasio P/D. Tujuan dari pengeplotan ini adalah menemukan titik interseksi antara kurva K_{tHull} vs J dengan kurva

$K_{t_{Prop}}$ vs J . Titik interseksi tersebut berupa harga-harga J , K_q , dan η_o yang nantinya digunakan untuk membuat grafik karakteristik beban propeller pada berbagai rasio P/D . Harga-harga J , K_q , dan η_o ini terlampir pada Lampiran D.

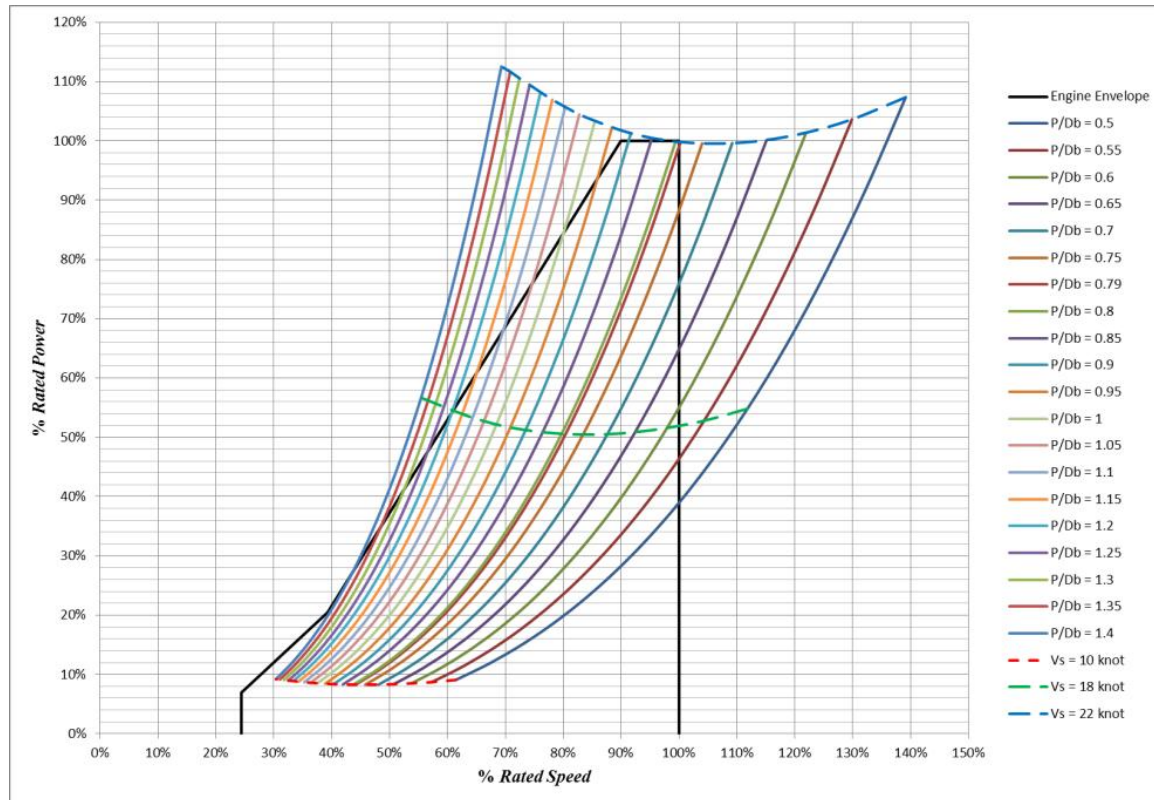
Tabel 4.20 *Speed–power prediction* pada berbagai rasio P/D dari $V_s = 18$ knot sampai $V_s = 22$ knot

V_s [knot]	P/D	P_B [kW]	% Rated Power	N_{ME} [RPM]	% Rated RPM
18	0.5	1973.439	54.82%	2292.061	111.81%
	0.55	1900.522	52.79%	2138.243	104.30%
	0.6	1857.384	51.59%	2007.396	97.92%
	0.65	1831.871	50.89%	1894.352	92.41%
	0.7	1818.814	50.52%	1795.905	87.61%
	0.75	1816.953	50.47%	1710.060	83.42%
	0.79	1820.241	50.56%	1648.303	80.41%
	0.8	1821.410	50.59%	1634.194	79.72%
	0.85	1831.330	50.87%	1566.860	76.43%
	0.9	1844.225	51.23%	1506.524	73.49%
	0.95	1859.756	51.66%	1452.231	70.84%
	1.0	1878.002	52.17%	1403.313	68.45%
	1.05	1898.625	52.74%	1359.091	66.30%
	1.1	1919.167	53.31%	1318.610	64.32%
	1.15	1941.857	53.94%	1281.877	62.53%
	1.2	1963.877	54.55%	1248.051	60.88%
	1.25	1985.063	55.14%	1216.846	59.36%
	1.3	2005.158	55.70%	1187.990	57.95%
	1.35	2023.517	56.21%	1161.208	56.64%
	1.4	2040.529	56.68%	1136.413	55.43%
V_s [knot]	P/D	P_B [kW]	% Rated Power	N_{ME} [RPM]	% Rated RPM
19	0.5	2361.063	65.59%	2430.104	118.54%
	0.55	2275.259	63.20%	2267.286	110.60%
	0.6	2225.398	61.82%	2128.908	103.85%
	0.65	2195.918	61.00%	2009.220	98.01%

	0.7	2180.713	60.58%	1904.923	92.92%
	0.75	2178.289	60.51%	1813.844	88.48%
	0.79	2182.260	60.62%	1748.383	85.29%
	0.8	2184.093	60.67%	1733.493	84.56%
	0.85	2197.662	61.05%	1662.424	81.09%
	0.9	2212.895	61.47%	1598.380	77.97%
	0.95	2232.121	62.00%	1540.936	75.17%
	1.0	2255.618	62.66%	1489.332	72.65%
	1.05	2279.713	63.33%	1442.329	70.36%
	1.1	2304.853	64.02%	1399.489	68.27%
	1.15	2331.290	64.76%	1360.419	66.36%
	1.2	2358.360	65.51%	1324.657	64.62%
	1.25	2384.694	66.24%	1291.702	63.01%
	1.3	2407.894	66.89%	1260.981	61.51%
	1.35	2432.303	67.56%	1232.915	60.14%
	1.4	2451.710	68.10%	1206.482	58.85%
Vs	P/D	P_B	% Rated Power	N_{ME}	% Rated RPM
[knot]		[kW]			
20	0.5	2804.824	77.91%	2570.078	125.37%
	0.55	2703.330	75.09%	2397.909	116.97%
	0.6	2644.191	73.45%	2251.525	109.83%
	0.65	2609.750	72.49%	2125.063	103.66%
	0.7	2594.795	72.08%	2015.331	98.31%
	0.75	2592.210	72.01%	1919.060	93.61%
	0.79	2596.724	72.13%	1849.775	90.23%
	0.8	2599.337	72.20%	1834.115	89.47%
	0.85	2615.660	72.66%	1758.975	85.80%
	0.9	2634.010	73.17%	1691.293	82.50%
	0.95	2658.010	73.83%	1630.713	79.55%
	1.0	2686.129	74.61%	1576.172	76.89%
	1.05	2713.997	75.39%	1526.359	74.46%
	1.1	2744.411	76.23%	1481.131	72.25%
	1.15	2777.495	77.15%	1440.047	70.25%
	1.2	2808.905	78.03%	1402.127	68.40%
	1.25	2841.819	78.94%	1367.482	66.71%

	1.3	2869.272	79.70%	1334.981	65.12%
	1.35	2897.807	80.49%	1305.237	63.67%
	1.4	2920.537	81.13%	1277.243	62.30%
Vs	P/D	P_B	% Rated Power	N_{ME}	% Rated RPM
[knot]		[kW]			
21	0.5	3305.220	91.81%	2710.937	132.24%
	0.55	3188.177	88.56%	2529.722	123.40%
	0.6	3119.936	86.66%	2375.553	115.88%
	0.65	3078.792	85.52%	2242.031	109.37%
	0.7	3061.584	85.04%	2126.342	103.72%
	0.75	3059.787	84.99%	2025.002	98.78%
	0.79	3065.771	85.16%	1952.014	95.22%
	0.8	3068.418	85.23%	1935.416	94.41%
	0.85	3087.021	85.75%	1856.073	90.54%
	0.9	3110.030	86.39%	1784.889	87.07%
	0.95	3141.107	87.25%	1721.387	83.97%
	1.0	3173.676	88.16%	1663.770	81.16%
	1.05	3206.809	89.08%	1611.251	78.60%
	1.1	3245.253	90.15%	1563.875	76.29%
	1.15	3282.607	91.18%	1520.328	74.16%
	1.2	3321.160	92.25%	1480.507	72.22%
	1.25	3358.277	93.29%	1443.774	70.43%
	1.3	3392.712	94.24%	1409.715	68.77%
	1.35	3426.868	95.19%	1378.395	67.24%
	1.4	3453.502	95.93%	1348.849	65.80%
Vs	P/D	P_B	% Rated Power	N_{ME}	% Rated RPM
[knot]		[kW]			
22	0.5	3864.267	107.34%	2852.238	139.13%
	0.55	3730.234	103.62%	2662.088	129.86%
	0.6	3649.758	101.38%	2499.669	121.94%
	0.65	3605.303	100.15%	2359.725	115.11%
	0.7	3586.156	99.62%	2238.140	109.18%
	0.75	3584.524	99.57%	2131.546	103.98%
	0.79	3593.101	99.81%	2054.986	100.24%
	0.8	3595.375	99.87%	2037.405	99.39%

	0.85	3617.125	100.48%	1953.915	95.31%
	0.9	3646.109	101.28%	1879.271	91.67%
	0.95	3682.463	102.29%	1812.453	88.41%
	1.0	3721.694	103.38%	1751.961	85.46%
	1.05	3760.420	104.46%	1696.688	82.77%
	1.1	3806.024	105.72%	1646.912	80.34%
	1.15	3849.772	106.94%	1601.096	78.10%
	1.2	3895.421	108.21%	1559.245	76.06%
	1.25	3940.024	109.45%	1520.708	74.18%
	1.3	3980.384	110.57%	1484.882	72.43%
	1.35	4019.750	111.66%	1451.863	70.82%
	1.4	4051.871	112.55%	1420.860	69.31%



Gambar 4.15 Hasil analisa DEPM dari kondisi pengintaian ($V_s = 10$ knot) sampai kondisi pengejaran ($V_s = 22$ knot) sebelum disinkronkan dengan *shaft motor* 355 kW

Dari hasil-hasil perhitungan pada Tabel 4.20, terlihat bahwa pada kondisi pengejaran (22 knot), tidak ada satupun rasio P/D yang menghasilkan *load factor* dalam rentang (60% ~ 90%) MCR. Maka dari itu, perlu pengaktifan mode PTI alias *booster mode* dengan menjalankan *shaft motor* untuk membantu kerja mesin induk agar *load factor*-nya turun menjadi (60% ~ 90%) MCR. Dengan bantuan *shaft motor* sebesar 355 kW, *load factor* mesin induk akan turun sebesar

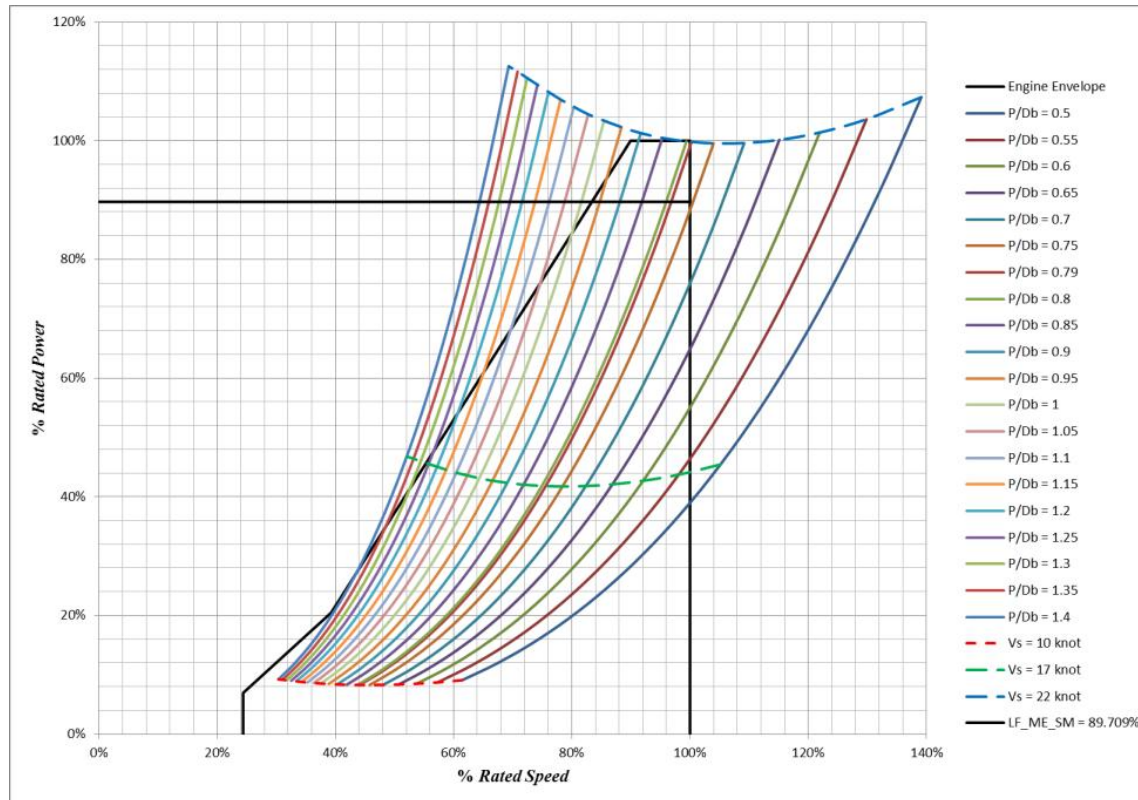
$$\begin{aligned}\Delta LF_{ME_SM} &= (355 \text{ kW} / 3600 \text{ kW}) \times 100\% \\ &= 9.861\%\end{aligned}$$

Pada Gambar 4.15 dan Tabel 4.20, terlihat bahwa pada $V_s = 22$ knot rasio P/D = 0.75 menghasilkan *load factor* terendah, yakni sebesar 99.57% *rated power* pada putaran 103.98% *rated speed*.

Dengan demikian, *load factor* mesin induk setelah disinkronkan dengan *shaft motor* menjadi sebesar

$$\begin{aligned}LF_{ME_SM} &= 99.57\% - 9.861\% \\ &= 89.709\%\end{aligned}$$

Dengan adanya penurunan *load factor*, maka kurva rasio P/D = 0.75 mengalami pergeseran turun (Gambar 4.16).

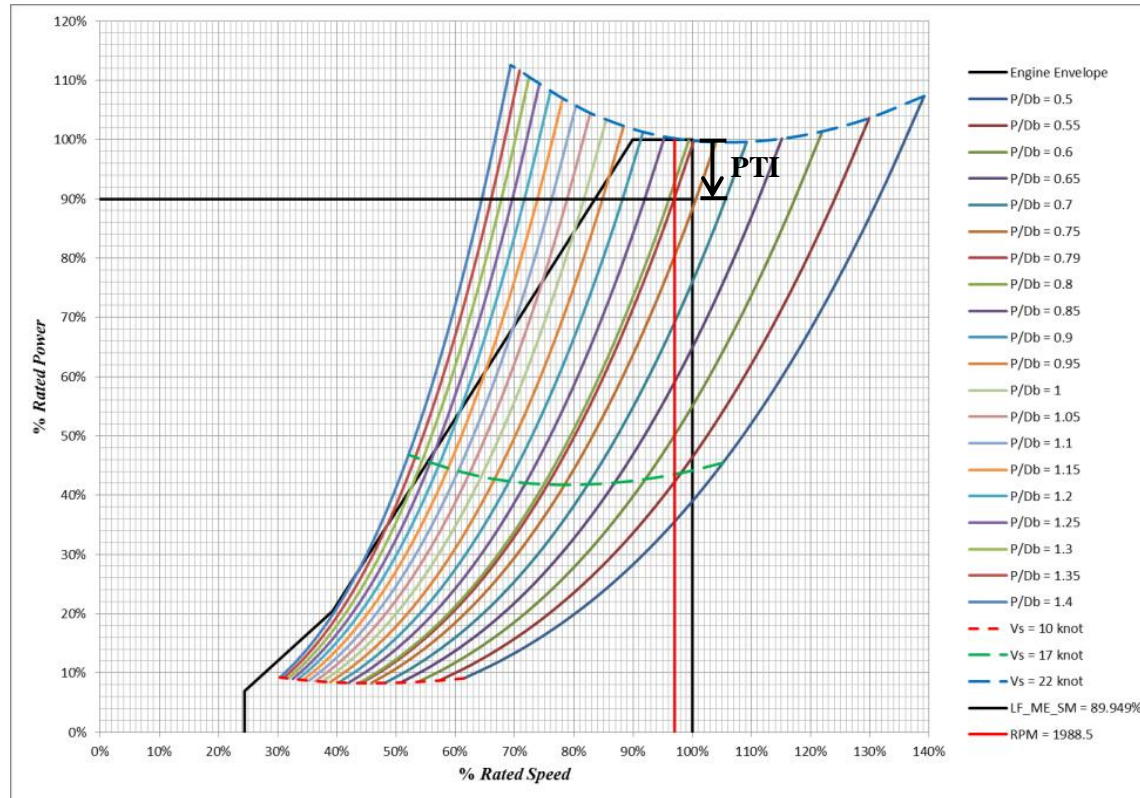


Gambar 4.16 Penge-plot-an garis LF_ME_SM = 89.709% ke dalam hasil analisa *engine propeller matching* pada rasio P/D = 0.75

Pada Gambar 4.16, terlihat perpotongan antara kurva rasio $P/D = 0.75$ dengan garis $LF_{ME_SM} = 89.709\%$ menghasilkan putaran mesin induk di luar batas kerja mesin (sedikit melebihi 100% *rated speed*). Maka dari itu, diambil keputusan untuk mengganti rasio P/D menjadi 0.79 . Sebelum disinkronkan dengan *shaft motor*, rasio $P/D = 0.79$ menghasilkan *load factor* sebesar 99.81% *rated power* pada putaran 100.24% *rated speed*. Dengan demikian, *load factor* mesin induk setelah disinkronkan dengan *shaft motor* menjadi sebesar

$$\begin{aligned} LF_{ME_SM} &= 99.81\% - 9.861\% \\ &= 89.949\% \end{aligned}$$

Dengan adanya penurunan *load factor*, maka kurva rasio $P/D = 0.79$ juga mengalami pergeseran turun sehingga diperoleh putaran mesin induk pada rasio $P/D = 0.79$ pada $LF_{ME_SM} = 89.949\%$ sebesar 97% *rated speed* $= 97\% \times 2050 \text{ rpm} = 1988.5 \text{ rpm}$ (Gambar 4.17).



Gambar 4.17 Penge-plot-an garis RPM = 1988.5 ke dalam hasil analisa *engine propeller matching* pada rasio $P/D = 0.79$

Untuk mensinkronkan kerja mesin induk dan *shaft motor* guna menghasilkan daya total yang diperlukan untuk mendorong kapal mencapai kondisi pengejaran ($V_s = 22$ knot), kecepatan putaran mesin induk dan *shaft motor* harus sama satu dengan yang lain. Bila tidak, akan terjadi kondisi *braking* pada salah satu mesin (entah itu mesin induk, entah itu *shaft motor*) yang putarannya lebih rendah. Hal ini sesuai dengan prinsip kerja *clutch*.

Dengan putaran mesin induk sebesar 1988.5 rpm, maka *shaft motor* yang terpasang harus juga berputar pada 1988.5 rpm. Padahal berdasarkan Tabel 4.12 pada subbab sebelumnya, *rated speed* N_R dari *shaft motor* hanyalah sebesar 1487 rpm. Di sinilah fungsi dari *frequency converter* dalam mengatur kecepatan putaran *shaft motor*. *Frequency converter* mampu mengubah-ubah putaran *shaft motor* dengan cara mengubah-ubah frekuensi arus listrik yang masuk ke *shaft motor* dari 0 ~ 599 Hz (Tabel 4.13) sesuai dengan Persamaan 2.1 pada bab sebelumnya. Untuk memunculkan persamaan frekuensi sebagai fungsi dari *rated speed* N_R maka Persamaan 2.1 dimodifikasi menjadi persamaan berikut ini.

$$\begin{aligned} N_S &= \frac{2 \cdot 60 \cdot f}{p} \\ N_R(1 - \text{slip}) &= \frac{120 \cdot f}{p} \\ f &= \frac{N_R(1 - \text{slip}) \cdot p}{120} \end{aligned} \quad (4.9)$$

Dengan memasukkan nilai $N_{R_ME} = 1988.5$ rpm ke dalam Persamaan 4.9, diperoleh besar frekuensi arus listrik yang keluar dari *frequency converter* lalu masuk ke *shaft motor*, yakni sebesar

$$f_{N_{R_ME}} = \frac{1988.5 (1 - 0.00867) \cdot 4}{120}$$

$$f_{N_{R_ME}} = 65.709 \text{ Hz}$$

Jadi, dari sini dapat dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut.

1. Sebelum disinkronkan dengan *shaft motor*, *load factor* mesin induk pada rasio $P/D = 0.79$ mencapai **99.81%**.
2. Setelah disinkronkan dengan *shaft motor*, *load factor* mesin induk pada rasio $P/D = 0.79$ turun menjadi **89.949%**.

3. Pada putaran 1988.5 rpm, terjadi sinkronisasi unjuk kerja mesin induk dan *shaft motor* untuk menghasilkan daya total sebesar $2 \times (3238.164 \text{ kW} + 355 \text{ kW}) = 2 \times 3593.164 \text{ kW}$ (*twin screw*) agar kecepatan kapal mencapai 22 knot.

4.4. Analisa Kebutuhan Daya Listrik pada Sistem Propulsi *Hybrid*

Pada Tabel 4.3, tertera kebutuhan daya listrik sistem propulsi DMP pada kondisi pengintaian untuk *machinery part* sebesar 37.98 kWe (*continuous load*). Dengan adanya penambahan beban kelistrikan oleh *shaft motor* sebesar $2 \times 355 \text{ kW}$, maka kebutuhan daya listrik pada kondisi pengintaian untuk *machinery part* menjadi sebesar

$$\begin{aligned} P_{\text{listrik_machinery_10 knot}} &= 37.98 \text{ kWe} + (2 \times 355) \text{ kW} \\ &= 747.98 \text{ kWe} \end{aligned}$$

Pada Tabel 4.3, tertera total beban kelistrikan sistem propulsi DMP pada kondisi patroli sebesar 1109.62 kWe (*overall*) sedangkan suplai daya listrik dari *shaft generator* hanya sebesar $2 \times 355 \text{ kWe}$. Maka perlu dijalankan 1 (satu) unit *diesel generator set* sebesar 720 kWe sehingga *load factor* yang dialami masing-masing generator sebesar

$$\begin{aligned} LF_{\text{SG}} &= \frac{1109.62 \text{ kWe}}{(2 \times 355 \text{ kWe}) + 720 \text{ kWe}} \times 100\% \\ &= 77.60\% \end{aligned}$$

Batas maksimum pembebanan generator sebesar 86% (BKI, 2014). Jadi, besar *load factor* $LF_{\text{SG}} = 77.60\%$ masih masuk dalam batas aman.

Pada Tabel 4.3, tertera kebutuhan daya listrik sistem propulsi DMP pada kondisi pengejaran untuk *machinery part* sebesar 48 kWe (*continuous load*). Dengan adanya penambahan beban kelistrikan oleh *shaft motor* sebesar $2 \times 355 \text{ kW}$, maka kebutuhan daya listrik pada kondisi pengejaran untuk *machinery part* menjadi sebesar

$$\begin{aligned} P_{\text{listrik_machinery_22 knot}} &= 48 \text{ kWe} + (2 \times 355) \text{ kW} \\ &= 2160 \text{ kWe} \end{aligned}$$

Tabel 4.21 Data kebutuhan daya listrik kapal pada sistem propulsi *hybrid* pada kondisi *at port*, pengintaian, patroli, dan pengejaran

No.	ITEMS		<i>At port</i>	Pengintaian	Patroli	Pengejaran
1	<i>Machinery part</i>	<i>Continuous load</i> [kWe]	78.05	1457.98	42.1	1468
		<i>Intermitten load</i> [kWe]	106.71	67.36	242.92	238.18
2	<i>Hull part</i>	<i>Continuous load</i> [kWe]	260.81	501.99	513.44	522.54
		<i>Intermitten load</i> [kWe]	378.23	307.44	264.86	271.67
3	<i>Electrical part</i>	<i>Continuous load</i> [kWe]	267.51	257.45	270.59	276.85
		<i>Intermitten load</i> [kWe]	46.42	72.34	59.21	52.94
4	Total beban	<i>Continuous load</i> [kWe]	606.38	2217.42	826.13	2267.39
		<i>Intermitten load</i> [kWe]	531.35	447.14	566.98	562.79
5	Faktor diversitas [0.5 x I.L.]		265.68	223.57	283.49	281.39
6	Total beban [C.L. + faktor diversitas]		872.05	2440.99	1109.62	2548.785
7	Generator yang tersedia [unit x kWe]		1) [3 x 720 kWe] (<i>running</i> DG) + [1 x 720 kWe] (<i>stand-by</i> DG) 2) [2 x 355 kWe] (SG)			
8	Generator yang bekerja [unit x kWe]		2 x 720	3 x 720	(1 x 720) + (2 x 355)	3 x 720
9	Kapasitas generator yg bekerja [kWe]		1440	2160	1430	2160
10	<i>Load factor</i> masing-masing generator		60.56%	80.14%	77.60%	85.13%

Tabel 4.22 Spesifikasi *diesel generator set* untuk sistem propulsi *hybrid*

1	Merek	KOHLER	
2	Tipe	KD800-YF	
3	<i>Power output</i>	720 kW _e / 900 kVA	
4	Tegangan nominal	400 V	
5	Frekuensi	50 Hz	
6	Faktor daya	0.8	
7	RPM	1500	
8	Faktor daya	0.80	
9	<i>Fuel consumption</i> [L/hr]	100% <i>load</i>	180
		75% <i>load</i>	132
		50% <i>load</i>	91
		25% <i>load</i>	50

4.5. Analisa Unjuk Kerja Sistem Propulsi

Tujuan dari analisa unjuk kerja sistem propulsi adalah untuk mengetahui konsumsi bahan bakar pada sistem propulsi DMP dan *hybrid* pada kondisi pengintaian (10 knot), patroli (18 knot), dan pengejaran (22 knot). Penentuan konsumsi bahan bakar pada masing-masing kondisi operasi bergantung pada jam operasional per tahun dari masing-masing kondisi operasi tersebut yang telah disajikan dalam Tabel 1.1 pada bab sebelumnya.

4.5.1. Analisa Unjuk Kerja Sistem Propulsi DMP

Dari Tabel 4.2 pada subbab sebelumnya, diperoleh spesifikasi mesin induk dan *diesel generator set* yang digunakan dalam sistem propulsi DMP sebagai berikut.

1) Mesin induk

- a) Jumlah : 2 unit
- b) Merek dan tipe : MTU 20V 4000 M93L
- c) *Rated power* : 4300 kW
- d) *Rated RPM* : 2100
- e) SFOC :
(berdasarkan hasil-hasil *engine – propeller matching*)

2) *Diesel generator set*

- a) Jumlah : 4 unit
- b) Merek dan tipe : CAT C18 ACERT
- c) *Output power* : 450 kWe
- d) *Rated RPM* : 1500
- e) SFOC : (Tabel 4.23)

Tabel 4.23 SFOC dari *diesel generator set* berdasarkan *load factor*-nya

No.	<i>Load factor</i>	SFOC
	%	[gr/kWeh]
1	100	209
2	75	209
3	50	214

4	25	241
5	10	313

4.5.1.1. Konsumsi Bahan Bakar pada Kondisi At Port

Perhitungan *fuel consumption* dari *diesel generator sets*, FC_{DGs} , dilakukan dengan metode interpolasi berdasarkan data *load factor* pada kondisi *at port* dan data SFOC pada berbagai *load factor*. Dari Tabel 4.3, diketahui bahwa *load factor* dari masing-masing *diesel generator set* yang bekerja sekitar 64.60% sehingga

$$\begin{aligned} SFOC_{64.60\%} &= \left[214 + (209 - 214) \frac{(64.60 - 50)}{(75 - 50)} \right] \\ &= 211.08 \text{ gr/kWeh} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} FC_{DGs} &= 3 \times \text{required power} \times SFOC_{64.60\%} \times \text{jam operasi} \\ &= 3 \times 450 \text{ kWe} \times 211.08 \text{ gr/kWeh} \times 3504 \text{ jam/tahun} \\ &= 998.493 \text{ ton/tahun} \end{aligned}$$

4.5.1.2. Konsumsi Bahan Bakar pada Kondisi Pengintaian (10 Knot)

Fuel consumption mesin induk, FC_{ME} , dihitung sebagai berikut.

$$\begin{aligned} FC_{ME} &= 2 \times \text{required power} \times SFOC \times \text{jam operasional} \\ &= 2 \times 304.530 \text{ kW} \times 300 \text{ gr/kWh} \times 1577 \text{ jam/tahun} \\ &= 288.146 \text{ ton/tahun} \end{aligned}$$

Dari Tabel 4.3, diketahui bahwa *load factor* dari masing-masing *diesel generator set* yang bekerja sekitar 75.63% sehingga

$$\begin{aligned} SFOC_{75.63\%} &= \left[209 + (209 - 209) \frac{(75.63 - 75)}{(100 - 75)} \right] \\ &= 209 \text{ gr/kWeh} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} FC_{DGs} &= 3 \times \text{required power} \times SFOC_{75.63\%} \times \text{jam operasi} \\ &= 3 \times 450 \text{ kWe} \times 209 \text{ gr/kWeh} \times 1577 \text{ jam/tahun} \\ &= 444.951 \text{ ton/tahun} \end{aligned}$$

4.5.1.3. Konsumsi Bahan Bakar pada Kondisi Patroli (18 Knot)

Fuel consumption mesin induk, FC_{ME} , dihitung sebagai berikut.

$$FC_{ME} = 2 \times \text{required power} \times SFOC \times \text{jam operasional}$$

$$\begin{aligned}
&= 2 \times 2130.110 \text{ kW} \times 205 \text{ gr/kWh} \times 2102 \text{ jam/tahun} \\
&= 1835.7714 \text{ ton/tahun}
\end{aligned}$$

Dari Tabel 4.3, diketahui bahwa *load factor* dari masing-masing *diesel generator set* yang bekerja sekitar 82.19% sehingga

$$\begin{aligned}
\text{SFOC}_{82.19\%} &= \left[209 + (209 - 209) \frac{(82.19 - 75)}{(100 - 75)} \right] \\
&= 209 \text{ gr/kWeh}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{FC}_{\text{DGs}} &= 3 \times \text{required power} \times \text{SFOC}_{82.19\%} \times \text{jam operasi} \\
&= 3 \times 450 \text{ kWe} \times 209 \text{ gr/kWeh} \times 2102 \text{ jam/tahun} \\
&= 593.079 \text{ ton/tahun}
\end{aligned}$$

4.5.1.4. Konsumsi Bahan Bakar pada Kondisi Pengejaran (22 Knot)

Fuel consumption mesin induk, FC_{ME} , dihitung sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
\text{FC}_{\text{ME}} &= 2 \times \text{required power} \times \text{SFOC} \times \text{jam operasional} \\
&= 2 \times 3339.596 \text{ kW} \times 210 \text{ gr/kWh} \times 1577 \text{ jam/tahun} \\
&= 2211.948 \text{ ton/tahun}
\end{aligned}$$

Dari Tabel 4.3, diketahui bahwa *load factor* dari masing-masing *diesel generator set* yang bekerja sekitar 83.61% sehingga

$$\begin{aligned}
\text{SFOC}_{83.61\%} &= \left[209 + (209 - 209) \frac{(83.61 - 75)}{(100 - 75)} \right] \\
&= 209 \text{ gr/kWeh}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{FC}_{\text{DGs}} &= 3 \times \text{required power} \times \text{SFOC}_{83.61\%} \times \text{jam operasi} \\
&= 3 \times 450 \text{ kWe} \times 209 \text{ gr/kWeh} \times 1577 \text{ jam/tahun} \\
&= 444.951 \text{ ton/tahun}
\end{aligned}$$

Seluruh hasil perhitungan di atas beserta total konsumsi bahan bakar OPV 80 M dalam satu tahun untuk menjalankan seluruh kondisi operasinya bila menggunakan sistem propulsi DMP tercantum dalam Tabel 4.24.

Tabel 4.24 Hasil perhitungan konsumsi bahan bakar dengan sistem propulsi DMP

Kondisi operasi	Vs	Komponen	FC
	[knot]		[ton/tahun]
At port	-	M/E	-
		D/Gs	998.493
Pengintaian	10	M/E	288.146
		D/Gs	444.951
Patroli	18	M/E	1835.7714
		D/Gs	593.079
Pengejaran	22	M/E	2211.948
		D/Gs	444.951
Total konsumsi bahan bakar			6817.339

4.5.2. Analisa Unjuk Kerja Sistem Propulsi Hybrid

Dari Tabel 4.2 pada subbab sebelumnya, diperoleh spesifikasi mesin induk dan *diesel generator set* yang digunakan dalam sistem propulsi *hybrid* sebagai berikut.

1) Mesin induk

- a) Jumlah : 2 unit
 - b) Merek dan tipe : MTU 20V 4000 M73L
 - c) *Rated power* : 3600 kW
 - d) *Rated RPM* : 2050
 - e) SFOC :
- (berdasarkan hasil-hasil *engine – propeller matching*)

2) *Diesel generator set*

- a) Jumlah : 4 unit
- b) Merek dan tipe : KOHLER KD800-YF
- c) *Output power* : 720 kWe / 900 kVA
- d) *Rated RPM* : 1
- e) *Fuel consumption* : (Tabel 4.22)

4.5.2.1. Konsumsi Bahan Bakar pada Kondisi At Port

Perhitungan *fuel consumption* dari *diesel generator sets*, FC_{DGs} , dilakukan dengan metode interpolasi berdasarkan data *load factor* pada kondisi *at port* dan data SFOC pada berbagai *load factor*. Dari Tabel 4.21, diketahui bahwa *load factor* masing-masing dari 2 (dua) unit *diesel generator set* yang *running* sekitar 60.56% sehingga

$$FC_{60.56\%} = \left[91 + (132 - 91) \frac{(60.56 - 50)}{(75 - 50)} \right] \\ = 108.318 \text{ L/hr}$$

$$FC_{DGs} = \text{Running DG} \times FC_{60.56\%} \times \text{jam operasi} \times \rho_{MDO} \\ = 2 \times 108.318 \text{ L/hr} \times 3504 \text{ jam/tahun} \times 0.85 \text{ kg/L} \\ = 645.229 \text{ ton/tahun}$$

4.5.2.2. Konsumsi Bahan Bakar pada Kondisi Pengintaian (10 Knot)

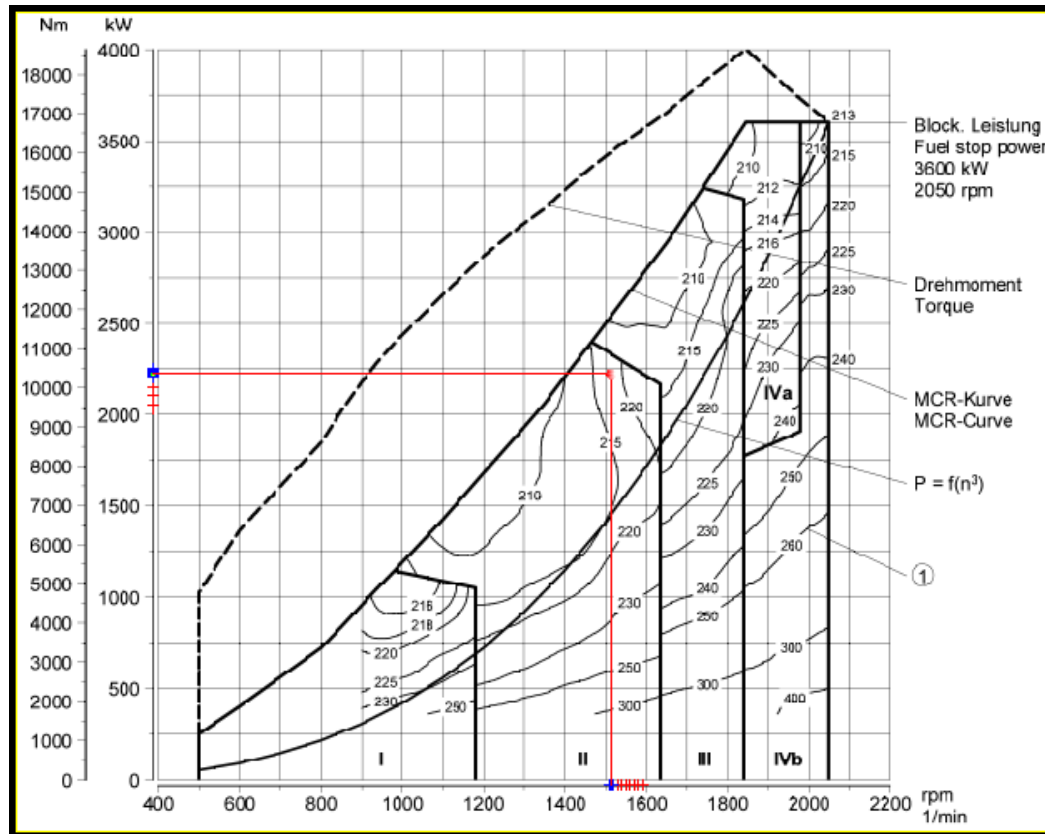
Dari Tabel 4.21, diketahui bahwa pada kondisi pengintaian (10 knot), *load factor* masing-masing dari 3 (tiga) unit *diesel generator set* yang *running* sekitar 80.14% sehingga

$$FC_{80.14\%} = \left[132 + (180 - 132) \frac{(81.37 - 75)}{(100 - 75)} \right] \\ = 141.869 \text{ L/hr}$$

$$FC_{DGs} = \text{Running DG} \times FC_{80.14\%} \times \text{jam operasi} \times \rho_{MDO} \\ = 3 \times 141.869 \text{ L/hr} \times 1577 \text{ jam/tahun} \times 0.85 \text{ kg/L} \\ = 570.505 \text{ ton/tahun}$$

4.5.2.3. Konsumsi Bahan Bakar pada Kondisi Patroli (18 Knot)

Pada perhitungan sebelumnya, telah diketahui bahwa *load factor* mesin induk setelah dibebani oleh *shaft generator* 355 kWe menjadi sebesar 62.10% (2235.6 kW) pada putaran 1513 rpm. Dengan memplotkan hasil-hasil ini ke dalam *engine performance diagram* dari MTU 20V 4000 M73L diperoleh nilai SFOC mesin induk pada kondisi patroli (18 knot) sebesar $\pm 217 \text{ gr/kWh}$.



Gambar 4.18 Penentuan harga SFOC untuk kondisi patroli ($V_s = 18$ knot) dengan dibebani *shaft generator* 355 kWe

Fuel consumption mesin induk, FC_{ME} , dihitung sebagai berikut.

$$\begin{aligned} FC_{ME} &= 2 \times \text{required power} \times SFOC \times \text{jam operasional} \\ &= 2 \times 2235.6 \text{ kW} \times 217 \text{ gr/kWh} \times 2102 \text{ jam/tahun} \\ &= 2039.466 \text{ ton/tahun} \end{aligned}$$

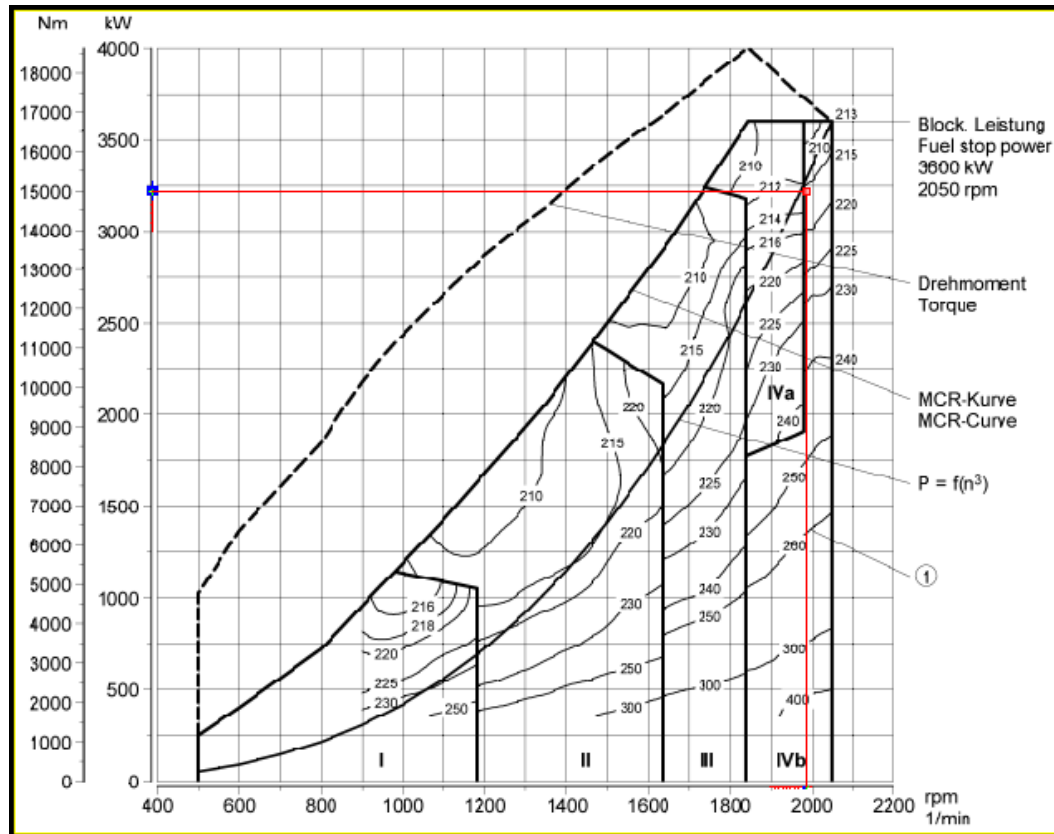
Dari Tabel 4.21, diketahui bahwa *load factor* 1 (satu) unit *diesel generator set* yang bekerja sekitar 77.60% sehingga

$$\begin{aligned} FC_{77.60\%} &= \left[132 + (180 - 132) \frac{(77.60 - 75)}{(100 - 75)} \right] \\ &= 136.992 \text{ L/hr} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} FC_{DGs} &= \text{Running DG} \times FC_{77.60\%} \times \text{jam operasi} \times \rho_{MDO} \\ &= 1 \times 136.992 \text{ L/hr} \times 2102 \text{ jam/tahun} \times 0.85 \text{ kg/L} \\ &= 244.764 \text{ ton/tahun} \end{aligned}$$

4.5.2.4. Konsumsi Bahan Bakar pada Kondisi Pengejaran (22 Knot)

Pada perhitungan sebelumnya, telah diketahui bahwa *load factor* mesin induk setelah disinkronkan dengan *shaft motor* 355 kWe menjadi sebesar 89.949% (3238.164 kW) pada putaran 1988.5 rpm. Dengan memplot-kan hasil-hasil ini ke dalam *engine performance diagram* dari MTU 20V 4000 M73L diperoleh nilai SFOC mesin induk pada kondisi pengejaran (22 knot) sebesar $\pm 215.8 \text{ gr/kWh}$.



Gambar 4.19 Penentuan harga SFOC untuk kondisi pengejaran ($V_s = 22$ knot) setelah sinkronisasi dengan *shaft motor* 355 kW

Fuel consumption mesin induk, FC_{ME} , dihitung sebagai berikut.

$$\begin{aligned} FC_{ME} &= 2 \times \text{required power} \times \text{SFOC} \times \text{jam operasional} \\ &= 2 \times 3238.164 \text{ kW} \times 215.8 \text{ gr/kWh} \times 1577 \text{ jam/tahun} \\ &= 2204 \text{ ton/tahun} \end{aligned}$$

Dari Tabel 4.21, diketahui bahwa *load factor* masing-masing dari 3 (tiga) unit *diesel generator set* yang bekerja sekitar 85.13% sehingga

$$\begin{aligned} FC_{85.13\%} &= \left[132 + (180 - 132) \frac{(85.13 - 75)}{(100 - 75)} \right] \\ &= 151.450 \text{ L/hr} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} FC_{DGs} &= \text{Running DG} \times FC_{84.96\%} \times \text{jam operasi} \times \rho_{MDO} \\ &= 3 \times 150.450 \text{ L/hr} \times 1577 \text{ jam/tahun} \times 0.85 \text{ kg/L} \\ &= 605.012 \text{ ton/tahun} \end{aligned}$$

Seluruh hasil perhitungan di atas beserta total konsumsi bahan bakar OPV 80 M dalam satu tahun untuk menjalankan seluruh kondisi operasinya bila menggunakan sistem propulsi *hybrid* tercantum dalam Tabel 4.25.

Tabel 4.25 Hasil perhitungan konsumsi bahan bakar dengan sistem propulsi *hybrid*

Kondisi operasi	Vs	Komponen	FC
	[knot]		[ton/tahun]
At port	-	M/E	-
		D/Gs	645.229
Pengintaian	10	M/E	-
		D/Gs	570.505
Patroli	18	M/E	2039.466
		D/Gs	244.764
Pengejaran	22	M/E	2204
		D/Gs	605.012
Total konsumsi bahan bakar			6308.976

4.6. Analisa Ekonomis Sistem Propulsi

4.6.1. Perhitungan Biaya Investasi

Perhitungan biaya investasi (BI) mencakup biaya pembelian dan biaya instalasi dari mesin induk, *diesel generator set*, *gearbox*, *frequency converter*, SGM, dan CPP + *shaftline system*. BI untuk masing-masing komponen tersebut disajikan dalam Tabel 2.1 pada bab sebelumnya.

BI per kW atau BI per kg dari masing-masing komponen berdasarkan pada Kwasiencyj (2013). Dengan mengasumsikan faktor kenaikan BI per kW atau BI per kg (i_I) sebesar 10% untuk semua komponen, maka total biaya investasi dari masing-masing sistem propulsi perlu dikalikan dengan faktor

$$\begin{aligned}(1 + i_I)^{\text{tahun penelitian} - \text{tahun data}} &= (1 + 10\%)^{2017-2013} \\ &= 1.1^4 \\ &= 1.4641\end{aligned}$$

Tabel 4.26 Perhitungan biaya investasi sistem DMP

No.	Komponen	Nama Komponen	BI	BI x kW atau BI x kg
1	Mesin induk	2 x MTU 20V 4000 M93L 4300 kW @ 2100 rpm, bore = 17 cm	340 €/kW ¹⁾	€ 2.924.000,-
2	<i>Diesel generator set</i>	4 x CAT C18 ACERT 450 kWe @ 1500 rpm, 380 VAC, 50 Hz	400 €/kWe ¹⁾	€ 720.000,-
3	CPP + <i>shaftline system</i>	2 x Wageningen B4-65 4300 kW, D = 1.83 m, P/D = 0.5 ~1.4	100 €/kW ¹⁾	€ 860.000,-
4	<i>Gearbox dengan single I/O</i>	2 x ZF 23560 C Max. rating 4728 kW @ 2100 rpm Berat : 2600 kg	115 €/kg ¹⁾	€ 598.000,-
Total biaya investasi sistem DMP				€ 5.102.000,- x 1.4641
				Rp 72.836.152.000,- x 1.4641
				Rp 106.639.410.143,-

¹⁾ BI berdasarkan pada data biaya tahun 2013 (Kwasieckyj, 2013)

Tabel 4.27 Perhitungan biaya investasi sistem propulsi *hybrid*

No.	Komponen	Nama Komponen	BI	BI x kW atau BI x kg
1	Mesin induk	2 x MTU 20V 4000 M73L 3600 kW @ 2050 rpm, bore = 17 cm	340 €/kW ¹⁾	€ 2.448.000,-
2	<i>Diesel generator set</i>	4 x KOHLER KD800-YF 720 kWe @ 1500 rpm, 400 VAC, 50 Hz	400 €/kWe ¹⁾	€ 1.152.000,-
3	CPP + <i>shaftline system</i>	2 x Wageningen B4-55 3955 kW, D = 1.601 m, P/D = 0.5 ~1.4	100 €/kW ¹⁾	€ 791.000,-
4	<i>Gearbox</i> dengan PTO/PTI	2 x ZF 24060 D PTI Max. rating 4615 kW @ 2050 rpm Berat : 2650 kg	115 €/kg ¹⁾	€ 609.500,-
5	<i>Frequency converter</i>	2 x ABB ACS850-04-650A-5 Nominal rating 355 kW	135 €/kW ¹⁾	€ 95.850,-
6	SGM	2 x ABB M3BP 355 SMC 4 Nominal rating 355 kW, 400 VAC, 50 Hz	50 €/kW ¹⁾	€ 56.000,-
7	<i>Generator load sharing & synchronising controller</i>	1 x Deep Sea Electronics DSE8810 Rentang frekuensi kerja (3.5 ~ 75) Hz	-	€ 1.711,-
Total biaya investasi sistem propulsi <i>hybrid</i>				€ 5.133.720,- x 1.4641
				Rp 73.288.982.437,- x 1.4641
				Rp 107.302.399.186,-

¹⁾ BI berdasarkan pada data biaya tahun 2013 (Kwasieckyj, 2013)

4.6.2. Perhitungan Biaya Bahan Bakar

Mesin induk dan *diesel generator set* baik pada sistem propulsi DMP maupun *hybrid* tergolong *high speed diesel engine* dengan putaran di atas 1000 rpm. Oleh sebab itu, direncanakan bahan bakar yang dipakai adalah minyak solar (HSD). Harga HSD bervariasi di berbagai region di Indonesia (Gambar 4.18). Sebagai acuan, diambil harga HSD pada Region I yakni sebesar Rp 9545,-/liter.

REGION I (West Java, Central Java dan East Java)					
No	PRODUK BBM	HARGA TANPA PAJAK	PPN 10%	PBBKB 5%	HARGA JUAL
1	MINYAK SOLAR (HSD)	Rp 8,300.00	Rp 830.00	Rp 415.00	Rp 9,545.00
2	MINYAK BAKAR (MFO)	Rp 5,700.00	Rp 570.00		Rp 6,270.00

REGION II (Kalimantan)					
No	PRODUK BBM	HARGA TANPA PAJAK	PPN 10%	PBBKB 5%	HARGA JUAL
1	MINYAK SOLAR (HSD)	Rp 8,300.00	Rp 830.00	Rp 415.00	Rp 9,545.00
2	MINYAK BAKAR (MFO)	Rp 5,800.00	Rp 580.00		Rp 6,380.00

REGION III (Sulawesi, NTB)					
No	PRODUK BBM	HARGA TANPA PAJAK	PPN 10%	PBBKB 5%	HARGA JUAL
1	MINYAK SOLAR (HSD)	Rp 8,400.00	Rp 840.00	Rp 420.00	Rp 9,660.00
2	MINYAK BAKAR (MFO)	Rp 5,900.00	Rp 590.00		Rp 6,490.00

REGION IV (NTT & Sorong)					
No	PRODUK BBM	HARGA TANPA PAJAK	PPN 10%	PBBKB 7.5%	HARGA JUAL
1	MINYAK SOLAR (HSD)	Rp 8,550.00	Rp 855.00	Rp 641.25	Rp 10,046.25
2	MINYAK BAKAR (MFO)	Rp 6,050.00	Rp 605.00		Rp 6,655.00

Gambar 4.20 Variasi harga HSD pada berbagai region tahun 2017 (www.bunkerbmm.co.id)

Dari hasil-hasil analisa unjuk kerja sistem propulsi DMP dan *hybrid* yang masing-masing ditampilkan dalam Tabel 4.24 dan Tabel 4.25, dapat dihitung biaya konsumsi bahan bakar pada berbagai kondisi operasi kapal.

Tabel 4.28 Biaya bahan bakar sampai tahun pertama pada berbagai kondisi operasi kapal dengan sistem DMP

Kondisi operasi	Vs	Durasi (D)	Komponen	FC	Biaya bahan bakar tahun pertama
	[knot]	[jam/tahun]		[ton/tahun]	FC / ρ _{HSD} x 1000 L/m ³ x Rp 9545,-
At port	-	3504	M/E	-	-
			D/Gs	998.493	Rp 11.212.489.041,-
Pengintaian	10	1577	M/E	288.146	Rp 3.235.710.082,-
			D/Gs	444.951	Rp 4.996.537.994,-
Patroli	18	2102	M/E	1835.7714	Rp 20.614.632.956,-
			D/Gs	593.079	Rp 6.659.928.300,-
Pengejaran	22	1577	M/E	2211.948	Rp 24.838.874.894,-
			D/Gs	444.951	Rp 4.996.537.994,-
Total biaya bahan bakar sampai tahun pertama				6817.339	Rp 76.554.711.262,- x (1 + i _F)

Tabel 4.29 Biaya bahan bakar sampai tahun pertama pada berbagai kondisi operasi kapal dengan sistem propulsi *hybrid*

Kondisi operasi	Vs	Durasi (D)	Komponen	FC	Biaya bahan bakar tahun pertama
	[knot]	[jam/tahun]		[ton/tahun]	FC / $\rho_{HSD} \times 1000 \text{ L/m}^3 \times \text{Rp } 9545,-$
At port	-	3504	M/E	-	-
			D/Gs	645.229	Rp 7.245.542.124,-
Pengintaian	10	1577	M/E	-	-
			D/Gs	570.505	Rp 6.406.435.559,-
Patroli	18	2102	M/E	2039.466	Rp 22.902.003.494,-
			D/Gs	244.764	Rp 2.748.555.741,-
Pengejaran	22	1577	M/E	2204	Rp 24.749.623.529,-
			D/Gs	605.012	Rp 6.793.928.871,-
Total biaya bahan bakar sampai tahun pertama				6308.976	Rp 70.846.089.318,- x (1 + i _F)

Dari Tabel 4.28 dan Tabel 4.29, telah diketahui total biaya bahan bakar selama tahun pertama pengoperasian masing-masing sistem propulsi. Dengan penambahan faktor peningkatan harga HSD i_F sebesar 2% per tahun (Prasetya et al, 2016), dapat dibuat rencana pembiayaan pengoperasian masing-masing sistem propulsi sampai batas usia OPV 80 m, yakni 30 tahun.

Tabel 4.30 Rencana pembiayaan bahan bakar untuk pengoperasian masing-masing sistem propulsi sampai 30 tahun

Tahun ke-	Biaya bahan bakar (B3) sistem DMP	Biaya bahan bakar (B3) sistem propulsi <i>hybrid</i>
0	0	0
1	Rp 76.554.711.262,- $\times (1 + i_F)$	Rp 70.846.089.318,- $\times (1 + i_F)$
2	Rp 76.554.711.262,- $\times (1 + i_F)^2$	Rp 70.846.089.318,- $\times (1 + i_F)^2$
3	Rp 76.554.711.262,- $\times (1 + i_F)^3$	Rp 70.846.089.318,- $\times (1 + i_F)^3$
4	Rp 76.554.711.262,- $\times (1 + i_F)^4$	Rp 70.846.089.318,- $\times (1 + i_F)^4$
5	Rp 76.554.711.262,- $\times (1 + i_F)^5$	Rp 70.846.089.318,- $\times (1 + i_F)^5$
6	Rp 76.554.711.262,- $\times (1 + i_F)^6$	Rp 70.846.089.318,- $\times (1 + i_F)^6$
7	Rp 76.554.711.262,- $\times (1 + i_F)^7$	Rp 70.846.089.318,- $\times (1 + i_F)^7$
8	Rp 76.554.711.262,- $\times (1 + i_F)^8$	Rp 70.846.089.318,- $\times (1 + i_F)^8$
9	Rp 76.554.711.262,- $\times (1 + i_F)^9$	Rp 70.846.089.318,- $\times (1 + i_F)^9$
10	Rp 76.554.711.262,- $\times (1 + i_F)^{10}$	Rp 70.846.089.318,- $\times (1 + i_F)^{10}$
11	Rp 76.554.711.262,- $\times (1 + i_F)^{11}$	Rp 70.846.089.318,- $\times (1 + i_F)^{11}$
12	Rp 76.554.711.262,- $\times (1 + i_F)^{12}$	Rp 70.846.089.318,- $\times (1 + i_F)^{12}$
13	Rp 76.554.711.262,- $\times (1 + i_F)^{13}$	Rp 70.846.089.318,- $\times (1 + i_F)^{13}$

14	Rp 76.554.711.262,- $x(1+i_F)^{14}$	Rp 70.846.089.318,- $x(1+i_F)^{14}$
15	Rp 76.554.711.262,- $x(1+i_F)^{15}$	Rp 70.846.089.318,- $x(1+i_F)^{15}$
16	Rp 76.554.711.262,- $x(1+i_F)^{16}$	Rp 70.846.089.318,- $x(1+i_F)^{16}$
17	Rp 76.554.711.262,- $x(1+i_F)^{17}$	Rp 70.846.089.318,- $x(1+i_F)^{17}$
18	Rp 76.554.711.262,- $x(1+i_F)^{18}$	Rp 70.846.089.318,- $x(1+i_F)^{18}$
19	Rp 76.554.711.262,- $x(1+i_F)^{19}$	Rp 70.846.089.318,- $x(1+i_F)^{19}$
20	Rp 76.554.711.262,- $x(1+i_F)^{20}$	Rp 70.846.089.318,- $x(1+i_F)^{20}$
21	Rp 76.554.711.262,- $x(1+i_F)^{21}$	Rp 70.846.089.318,- $x(1+i_F)^{21}$
22	Rp 76.554.711.262,- $x(1+i_F)^{22}$	Rp 70.846.089.318,- $x(1+i_F)^{22}$
23	Rp 76.554.711.262,- $x(1+i_F)^{23}$	Rp 70.846.089.318,- $x(1+i_F)^{23}$
24	Rp 76.554.711.262,- $x(1+i_F)^{24}$	Rp 70.846.089.318,- $x(1+i_F)^{24}$
25	Rp 76.554.711.262,- $x(1+i_F)^{25}$	Rp 70.846.089.318,- $x(1+i_F)^{25}$
26	Rp 76.554.711.262,- $x(1+i_F)^{26}$	Rp 70.846.089.318,- $x(1+i_F)^{26}$
27	Rp 76.554.711.262,- $x(1+i_F)^{27}$	Rp 70.846.089.318,- $x(1+i_F)^{27}$
28	Rp 76.554.711.262,- $x(1+i_F)^{28}$	Rp 70.846.089.318,- $x(1+i_F)^{28}$
29	Rp 76.554.711.262,- $x(1+i_F)^{29}$	Rp 70.846.089.318,- $x(1+i_F)^{29}$
30	Rp 76.554.711.262,- $x(1+i_F)^{30}$	Rp 70.846.089.318,- $x(1+i_F)^{30}$

4.6.3. Perhitungan Biaya Pemeliharaan

4.6.3.1. Perhitungan Biaya Pemeliharaan Mesin Induk dan Mesin Bantu Penggerak Generator

Data biaya pemeliharaan mesin induk merek MTU diperoleh dari PT. Antakesuma Inti Raharja di Surabaya. PT. Antakesuma Inti Raharja merupakan *service partner* dan *product support* resmi dari PT. MTU Indonesia. Pemeliharaan mesin-mesin MTU di PT. Antakesuma Inti Raharja mencakup *top overhaul* (T/O) dan *general overhaul* (G/O). Dalam praktiknya, T/O dilakukan pada saat *intermediate survey* sedangkan G/O dilakukan pada saat *special survey*. Baik pada T/O maupun G/O, pasti dilakukan penggantian komponen-komponen mesin dengan suku cadang yang baru.

Tabel 4.31 Biaya pemeliharaan dan biaya penggantian *spare part* mesin-mesin merek MTU (MTU, 2017)

Tipe Mesin Diesel	Tipe Pemeliharaan	Biaya Jasa	Biaya Penggantian <i>Spare Part</i>
<u>Mesin Induk:</u> MTU Series 4000 (3440 kW @ 2100 rpm)	T/O	Rp 960.000.000,-	Rp 3.602.000.000,-
	G/O	Rp 1.601.000.000,-	Rp 6.003.000.000,-
<u>Mesin Bantu untuk D/G:</u> MTU 8V 183 (565 kW @ 1500 rpm)	T/O	Rp 143.000.000,-	Rp 792.000.000,-
	G/O	Rp 187.000.000,-	Rp 1.322.000.000,-
<u>Mesin Bantu untuk D/G:</u> MTU 12V 183 (846 kW @ 1500 rpm)	T/O	Rp 175.000.000,-	Rp 1.189.000.000,-
	G/O	Rp 292.000.000,-	Rp 1.983.000.000,-

- Faktor peningkatan biaya jasa i_j berkisar antara 5% ~ 7% per tahun.
- Faktor peningkatan biaya penggantian *spare part* i_{sp} berkisar antara 5% ~ 10% per tahun.
- Dalam penelitian ini, diambil nilai i_j sebesar 6% per tahun dan i_{sp} sebesar 7.5% per tahun.

Oleh karena OPV 80 m menggunakan konsep *twin screw* di mana terpasang 2 (dua) mesin diesel sebagai mesin induk, maka seluruh biaya untuk mesin induk MTU Series 4000 pada Tabel 4.31 menjadi 2 x lipatannya. Dari informasi ini, dapat dibuat suatu rencana pemeliharaan mesin induk OPV 80 m, baik pada sistem DMP maupun pada sistem propulsi *hybrid*, selama 30 tahun operasi.

Tabel 4.32 Rencana pemeliharaan mesin induk pada kedua sistem propulsi selama 30 tahun operasi

Tahun ke-	Tipe	Biaya jasa (BJMI)	Biaya penggantian <i>spare part</i> (BSMI)
0	-	-	-
1	-	-	-
2	T/O	Rp 1.920.000.000,- $\times (1 + i_j)^2$	Rp 7.204.000.000,- $\times (1 + i_{SP})^2$
3	-	-	-
4	-	-	-
5	G/O	Rp 3.202.000.000,- $\times (1 + i_j)^5$	Rp 12.006.000.000,- $\times (1 + i_{SP})^5$
6	-	-	-
7	T/O	Rp 1.920.000.000,- $\times (1 + i_j)^7$	Rp 7.204.000.000,- $\times (1 + i_{SP})^7$
8	-	-	-
9	-	-	-
10	G/O	Rp 3.202.000.000,- $\times (1 + i_j)^{10}$	Rp 12.006.000.000,- $\times (1 + i_{SP})^{10}$
11	-	-	-
12	T/O	Rp 1.920.000.000,- $\times (1 + i_j)^{12}$	Rp 7.204.000.000,- $\times (1 + i_{SP})^{12}$
13	-	-	-
14	-	-	-
15	G/O	Rp 3.202.000.000,- $\times (1 + i_j)^{15}$	Rp 12.006.000.000,- $\times (1 + i_{SP})^{15}$
16	-	-	-
17	T/O	Rp 1.920.000.000,- $\times (1 + i_j)^{17}$	Rp 7.204.000.000,- $\times (1 + i_{SP})^{17}$
18	-	-	-
19	-	-	-

20	G/O	Rp 3.202.000.000,-x (1 + i _j) ²⁰	Rp 12.006.000.000,- x (1 + i _{SP}) ²⁰
21	-	-	-
22	T/O	Rp 1.920.000.000,- x (1 + i _j) ²²	Rp 7.204.000.000,-x (1 + i _{SP}) ²²
23	-	-	-
24	-	-	-
25	G/O	Rp 3.202.000.000,-x (1 + i _j) ²⁵	Rp 12.006.000.000,- x (1 + i _{SP}) ²⁵
26	-	-	-
27	T/O	Rp 1.920.000.000,- x (1 + i _j) ²⁷	Rp 7.204.000.000,-x (1 + i _{SP}) ²⁷
28	-	-	-
29	-	-	-
30	G/O	Rp 3.202.000.000,-x (1 + i _j) ³⁰	Rp 12.006.000.000,- x (1 + i _{SP}) ³⁰

Pada sistem DMP, terpasang 4 (empat) motor bantu penggerak generator dengan *rating* masing-masing 500 kW sehingga seluruh biaya untuk mesin bantu MTU 8V 183 (565 kW @ 1500 rpm) pada Tabel 4.31 menjadi 4 x lipatnya. Dari informasi ini, dapat dibuat suatu rencana pemeliharaan mesin bantu penggerak generator pada sistem DMP selama 30 tahun operasi.

Tabel 4.33 Rencana pemeliharaan mesin bantu penggerak generator pada sistem DMP selama 30 tahun operasi

Tahun ke-	Tipe	Biaya jasa (BJMB)	Biaya penggantian <i>spare part</i> (BSMB)
0	-	-	-
1	-	-	-
2	T/O	Rp 572.000.000,- x (1 + i _j) ²	Rp 3.168.000.000,-x (1 + i _{SP}) ²
3	-	-	-
4	-	-	-
5	G/O	Rp 748.000.000,-x (1 + i _j) ⁵	Rp 5.288.000.000,- x (1 + i _{SP}) ⁵
6	-	-	-
7	T/O	Rp 572.000.000,- x (1 + i _j) ²	Rp 3.168.000.000,-x (1 + i _{SP}) ²

8	-	-	-
9	-	-	-
10	G/O	Rp 748.000.000,-x (1 + i _j) ⁵	Rp 5.288.000.000,- x (1 + i _{SP}) ⁵
11	-	-	-
12	T/O	Rp 572.000.000,-x (1 + i _j) ²	Rp 3.168.000.000,-x (1 + i _{SP}) ²
13	-	-	-
14	-	-	-
15	G/O	Rp 748.000.000,-x (1 + i _j) ⁵	Rp 5.288.000.000,- x (1 + i _{SP}) ⁵
16	-	-	-
17	T/O	Rp 572.000.000,- x (1 + i _j) ²	Rp 3.168.000.000,-x (1 + i _{SP}) ²
18	-	-	-
19	-	-	-
20	G/O	Rp 748.000.000,-x (1 + i _j) ⁵	Rp 5.288.000.000,- x (1 + i _{SP}) ⁵
21	-	-	-
22	T/O	Rp 572.000.000,- x (1 + i _j) ²	Rp 3.168.000.000,-x (1 + i _{SP}) ²
23	-	-	-
24	-	-	-
25	G/O	Rp 748.000.000,-x (1 + i _j) ⁵	Rp 5.288.000.000,- x (1 + i _{SP}) ⁵
26	-	-	-
27	T/O	Rp 572.000.000,- x (1 + i _j) ²	Rp 3.168.000.000,-x (1 + i _{SP}) ²
28	-	-	-
29	-	-	-
30	G/O	Rp 748.000.000,-x (1 + i _j) ⁵	Rp 5.288.000.000,- x (1 + i _{SP}) ⁵

Pada sistem propulsi *hybrid*, terpasang 4 (empat) motor bantu penggerak generator dengan *rating* masing-masing 800 kW sehingga seluruh biaya untuk mesin bantu MTU 12V 183 (846 kW @ 1500 rpm) pada Tabel 4.31 menjadi 4 x lipatannya. Dari informasi ini, dapat dibuat suatu rencana pemeliharaan mesin bantu penggerak generator pada sistem propulsi *hybrid* selama 30 tahun operasi.

Tabel 4.34 Rencana pemeliharaan mesin bantu penggerak generator pada sistem propulsi *hybrid* selama 30 tahun operasi

Tahun ke-	Tipe	Biaya jasa (BJMB)	Biaya penggantian <i>spare part</i> (BSMB)
0	-	-	-
1	-	-	-
2	T/O	Rp 700.000.000,- $\times (1 + i_j)^2$	Rp 4.756.000.000,- $\times (1 + i_{sp})^2$
3	-	-	-
4	-	-	-
5	G/O	Rp 1.168.000.000,- $\times (1 + i_j)^5$	Rp 7.932.000.000,- $\times (1 + i_{sp})^5$
6	-	-	-
7	T/O	Rp 700.000.000,- $\times (1 + i_j)^2$	Rp 4.756.000.000,- $\times (1 + i_{sp})^2$
8	-	-	-
9	-	-	-
10	G/O	Rp 1.168.000.000,- $\times (1 + i_j)^5$	Rp 7.932.000.000,- $\times (1 + i_{sp})^5$
11	-	-	-
12	T/O	Rp 700.000.000,- $\times (1 + i_j)^2$	Rp 4.756.000.000,- $\times (1 + i_{sp})^2$
13	-	-	-
14	-	-	-
15	G/O	Rp 1.168.000.000,- $\times (1 + i_j)^5$	Rp 7.932.000.000,- $\times (1 + i_{sp})^5$
16	-	-	-
17	T/O	Rp 700.000.000,- $\times (1 + i_j)^2$	Rp 4.756.000.000,- $\times (1 + i_{sp})^2$
18	-	-	-
19	-	-	-
20	G/O	Rp 1.168.000.000,- $\times (1 + i_j)^5$	Rp 7.932.000.000,- $\times (1 + i_{sp})^5$
21	-	-	-
22	T/O	Rp 700.000.000,- $\times (1 + i_j)^2$	Rp 4.756.000.000,- $\times (1 + i_{sp})^2$
23	-	-	-
24	-	-	-
25	G/O	Rp 1.168.000.000,- $\times (1 + i_j)^5$	Rp 7.932.000.000,- $\times (1 + i_{sp})^5$

26	-	-	-
27	T/O	$Rp\ 700.000.000,- \times (1 + i_j)^2$	$Rp\ 4.756.000.000,- \times (1 + i_{SP})^2$
28	-	-	-
29	-	-	-
30	G/O	$Rp\ 1.168.000.000,- \times (1 + i_j)^5$	$Rp\ 7.932.000.000,- \times (1 + i_{SP})^5$

4.6.3.2. Perhitungan Biaya Pemeliharaan Mesin-Mesin Listrik

Data biaya pemeliharaan *shaft generator motor* dan generator utama diperoleh dari PT. ABB Sakti Industri di Surabaya. PT. ABB Sakti Industri mengklasifikasikan jadwal pemeliharaan motor listrik dan generator atas 4 level pemeliharaan berdasarkan jam operasinya (Tabel 4.35). Masing-masing level tersebut memiliki biaya rekondisi tersendiri dengan faktor peningkatan biaya rekondisi i_R sebesar 2.5% per 2 (dua) tahun (ABB, 2017).

Tabel 4.35 Biaya pemeliharaan mesin-mesin listrik berdasarkan spesifikasi dan level pemeliharaannya (ABB, 2017)

Spesifikasi mesin listrik	Level	Jam operasi	Biaya rekondisi
400 kW; 400 Volt; 1500 rpm; 50 Hz;	L1	10.000	Rp 6.500.000,-
	L2	20.000	Rp 6.500.000,-
	L3	40.000	Rp 36.000.000,-
	L4	80.000	Rp 68.000.000,-
700 kW _e ; 400 Volt; 1500 rpm; 50 Hz;	L1	10.000	Rp 9.500.000,-
	L2	20.000	Rp 9.500.000,-
	L3	40.000	Rp 57.000.000,-
	L4	80.000	Rp 89.000.000,-

Untuk menentukan level pemeliharaan yang akan dilakukan pada setiap tahunnya, perlu dibuat rencana pemeliharaan generator utama, *shaft generator motor*, dan *frequency converter* berdasarkan data pada Tabel 4.35 hingga batas usia kapal, yakni 30 tahun. Rencana ini juga mencakup biaya rekondisi dan biaya penggantian *spare part* yang paling dominan dari segi harga. Untuk mesin-mesin listrik, *spare part* yang paling dominan dari segi harga adalah *ball bearing* (2 unit per mesin) yang diganti setiap 20.000 jam operasi dengan biaya penggantian Rp 10.000.000,-/unit untuk

mesin listrik 400 kW dan Rp 20.000.000,-/unit untuk mesin listrik 700 kWe (ABB, 2017). Faktor peningkatan biaya penggantian *ball bearing* i_{BB} sebesar 1.5% per tahun (ABB, 2017).

Tabel 4.36 Rencana pemeliharaan generator 450 kWe pada sistem DMP dan *shaft generator motor* 355 kW pada sistem propulsi *hybrid* selama 30 tahun operasi

Tahun ke-	Jam operasi	L	Biaya rekondisi (BR)	Biaya penggantian <i>ball bearing</i> (BB)
0	-	-	-	-
1	10.000	L1	Rp 6.500.000,-	-
2	20.000	L2	Rp 6.500.000,- $\times (1 + i_R)$	Rp 20.000.000,- $\times (1 + i_{BB})^2$
3	30.000	L1	Rp 6.500.000,- $\times (1 + i_R)$	-
4	40.000	L3	Rp 36.000.000,- $\times (1 + i_R)^2$	Rp 20.000.000,- $\times (1 + i_{BB})^4$
5	50.000	L1	Rp 6.500.000,- $\times (1 + i_R)^2$	-
6	60.000	L2	Rp 6.500.000,- $\times (1 + i_R)^3$	Rp 20.000.000,- $\times (1 + i_{BB})^6$
7	70.000	L1	Rp 6.500.000,- $\times (1 + i_R)^3$	-
8	80.000	L4	Rp 68.000.000,- $\times (1 + i_R)^4$	Rp 20.000.000,- $\times (1 + i_{BB})^8$
9	90.000	L1	Rp 6.500.000,- $\times (1 + i_R)^4$	-
10	100.000	L2	Rp 6.500.000,- $\times (1 + i_R)^5$	Rp 20.000.000,- $\times (1 + i_{BB})^{10}$
11	110.000	L1	Rp 6.500.000,- $\times (1 + i_R)^5$	-
12	120.000	L3	Rp 36.000.000,- $\times (1 + i_R)^6$	Rp 20.000.000,- $\times (1 + i_{BB})^{12}$
13	130.000	L1	Rp 6.500.000,- $\times (1 + i_R)^6$	-
14	140.000	L2	Rp 6.500.000,- $\times (1 + i_R)^7$	Rp 20.000.000,- $\times (1 + i_{BB})^{14}$
15	150.000	L1	Rp 6.500.000,- $\times (1 + i_R)^7$	-

16	160.000	L4	Rp 68.000.000,- $x (1 + i_R)^8$	Rp 20.000.000,- $x (1 + i_{BB})^{16}$
17	170.000	L1	Rp 6.500.000,- $x (1 + i_R)^8$	-
18	180.000	L2	Rp 6.500.000,- $x (1 + i_R)^9$	Rp 20.000.000,- $x (1 + i_{BB})^{18}$
19	190.000	L1	Rp 6.500.000,- $x (1 + i_R)^9$	-
20	200.000	L3	Rp 36.000.000,- $x (1 + i_R)^{10}$	Rp 20.000.000,- $x (1 + i_{BB})^{20}$
21	210.000	L1	Rp 6.500.000,- $x (1 + i_R)^{10}$	-
22	220.000	L2	Rp 6.500.000,- $x (1 + i_R)^{11}$	Rp 20.000.000,- $x (1 + i_{BB})^{22}$
23	230.000	L1	Rp 6.500.000,- $x (1 + i_R)^{11}$	-
24	240.000	L4	Rp 68.000.000,- $x (1 + i_R)^{12}$	Rp 20.000.000,- $x (1 + i_{BB})^{24}$
25	250.000	L1	Rp 6.500.000,- $x (1 + i_R)^{12}$	-
26	260.000	L2	Rp 6.500.000,- $x (1 + i_R)^{13}$	Rp 20.000.000,- $x (1 + i_{BB})^{26}$
27	270.000	L1	Rp 6.500.000,- $x (1 + i_R)^{13}$	-
28	280.000	L3	Rp 36.000.000,- $x (1 + i_R)^{14}$	Rp 20.000.000,- $x (1 + i_{BB})^{28}$
29	290.000	L1	Rp 6.500.000,- $x (1 + i_R)^{14}$	-
30	300.000	L2	Rp 6.500.000,- $x (1 + i_R)^{15}$	Rp 20.000.000,- $x (1 + i_{BB})^{30}$

Tabel 4.37 Rencana pemeliharaan generator utama 720 kWe pada sistem propulsi *hybrid* selama 30 tahun operasi

Tahun ke-	Jam operasi	L	Biaya rekondisi (BR)	Biaya penggantian ball bearing (BB)
0	-	-	-	-
1	10.000	L1	Rp 9.500.000,-	-
2	20.000	L2	Rp 9.500.000,- $x (1 + i_R)$	Rp 40.000.000,- $x (1 + i_{BB})^2$

3	30.000	L1	Rp 9.500.000,- $x (1 + i_R)$	-
4	40.000	L3	Rp 57.000.000,- $x (1 + i_R)^2$	Rp 40.000.000,- $x (1 + i_{BB})^4$
5	50.000	L1	Rp 9.500.000,- $x (1 + i_R)^2$	-
6	60.000	L2	Rp 9.500.000,- $x (1 + i_R)^3$	Rp 40.000.000,- $x (1 + i_{BB})^6$
7	70.000	L1	Rp 9.500.000,- $x (1 + i_R)^3$	-
8	80.000	L4	Rp 89.000.000,- $x (1 + i_R)^4$	Rp 40.000.000,- $x (1 + i_{BB})^8$
9	90.000	L1	Rp 9.500.000,- $x (1 + i_R)^4$	-
10	100.000	L2	Rp 9.500.000,- $x (1 + i_R)^5$	Rp 40.000.000,- $x (1 + i_{BB})^{10}$
11	110.000	L1	Rp 9.500.000,- $x (1 + i_R)^5$	-
12	120.000	L3	Rp 57.000.000,- $x (1 + i_R)^6$	Rp 40.000.000,- $x (1 + i_{BB})^{12}$
13	130.000	L1	Rp 9.500.000,- $x (1 + i_R)^6$	-
14	140.000	L2	Rp 9.500.000,- $x (1 + i_R)^7$	Rp 40.000.000,- $x (1 + i_{BB})^{14}$
15	150.000	L1	Rp 9.500.000,- $x (1 + i_R)^7$	-
16	160.000	L4	Rp 89.000.000,- $x (1 + i_R)^8$	Rp 40.000.000,- $x (1 + i_{BB})^{16}$
17	170.000	L1	Rp 9.500.000,- $x (1 + i_R)^8$	-
18	180.000	L2	Rp 9.500.000,- $x (1 + i_R)^9$	Rp 40.000.000,- $x (1 + i_{BB})^{18}$
19	190.000	L1	Rp 9.500.000,- $x (1 + i_R)^9$	-
20	200.000	L3	Rp 57.000.000,- $x (1 + i_R)^{10}$	Rp 40.000.000,- $x (1 + i_{BB})^{20}$
21	210.000	L1	Rp 9.500.000,- $x (1 + i_R)^{10}$	-
22	220.000	L2	Rp 9.500.000,- $x (1 + i_R)^{11}$	Rp 40.000.000,- $x (1 + i_{BB})^{22}$
23	230.000	L1	Rp 9.500.000,-	-

			$x (1 + i_R)^{11}$	
24	240.000	L4	Rp 89.000.000,- $x (1 + i_R)^{12}$	Rp 40.000.000,- $x (1 + i_{BB})^{24}$
25	250.000	L1	Rp 9.500.000,- $x (1 + i_R)^{12}$	-
26	260.000	L2	Rp 9.500.000,- $x (1 + i_R)^{13}$	Rp 40.000.000,- $x (1 + i_{BB})^{26}$
27	270.000	L1	Rp 9.500.000,- $x (1 + i_R)^{13}$	-
28	280.000	L3	Rp 57.000.000,- $x (1 + i_R)^{14}$	Rp 40.000.000,- $x (1 + i_{BB})^{28}$
29	290.000	L1	Rp 9.500.000,- $x (1 + i_R)^{14}$	-
30	300.000	L2	Rp 9.500.000,- $x (1 + i_R)^{15}$	Rp 40.000.000,- $x (1 + i_{BB})^{30}$

4.6.3.3. Perhitungan Biaya Pemeliharaan Sistem Perporosan dan CPP

Data biaya pemeliharaan sistem perporosan dan CPP diperoleh dari salah satu perusahaan galangan terbesar di Surabaya, sebut saja PT. X (*disamarkan demi privasi*). Pada praktiknya, pembongkaran poros dan propeller oleh pihak galangan dilakukan setiap 5 (lima) tahunan, yakni saat *special survey*. Biaya pekerjaan reparasi kapal secara umum didasarkan pada 3 parameter: kategori keahlian tenaga kerja, tingkat kesulitan pekerjaan, dan *man-hour* yang dibutuhkan. Untuk pekerjaan reparasi kapal di divisi bengkel PT. X, ada 3 (tiga) kategori tenaga kerja dengan besar upahnya masing-masing sebagai berikut.

- Tenaga ahli (TA), yakni tenaga kerja yang memiliki pengalaman dan keahlian yang spesifik dan/atau tersertifikasi, misalnya *welding inspector*, insinyur, *coating inspector*.
Besarnya upah: Rp 250.000,-/hari
- Tenaga *supporting* (TS), yakni tenaga kerja yang berpengalaman dalam pekerjaan operasi alat berat, misalnya operator *crane*, *fork lift*, dsb.
Besarnya upah: Rp 200.000,-/hari
- Tenaga pembantu (TP), yakni tenaga kerja yang belum memiliki keahlian dan/atau pengalaman, misalnya buruh.
Besarnya upah: Rp 175.000,-/hari

Di PT. X, pekerjaan rekondisi poros dan CPP dikategorikan sebagai pekerjaan dengan tingkat kesulitan tinggi sehingga dalam praktiknya ada faktor peningkatan besar upah harian masing-masing kategori tenaga kerja i_k sebesar 25%. Faktor i_k ini dapat dianggap sama seperti bonus harian. Adapun uraian detil pekerjaan rekondisi perporosan dan CPP di PT. X dilampirkan pada Lampiran F (Halaman 347).

Tabel 4.38 Besar upah tenaga kerja yang harus dibayar PT. X untuk pekerjaan pemeliharaan sistem perporosan dan CPP

No. pekerjaan	Kebutuhan jumlah tenaga kerja			Durasi [hari]	Besar upah total per kategori tenaga kerja [Besar upah harian per kategori tenaga kerja x Jumlah orang x Durasi]		
	TA	TS	TP		TA	TS	TP
1	1			1	Rp 250.000,-		
2	1			1	Rp 250.000,-		
3	1	2	3	3	Rp 750.000,-	Rp 1.200.000,-	Rp 1.575.000,-
4.1.a		1	1	1		Rp 200.000,-	Rp 175.000,-
4.1.b			2	1			Rp 350.000,-
4.1.c		1	1	1		Rp 200.000,-	Rp 175.000,-
4.2.a	1		1	0.5	Rp 125.000,-		Rp 87.500,-
	1		2	2	Rp 500.000,-		Rp 700.000,-
	1		1	0.5	Rp 125.000,-		Rp 87.500,-
4.2.b		1	1	1		Rp 200.000,-	Rp 175.000,-
4.3.a	1	2	3	3	Rp 750.000,-	Rp 1.200.000,-	Rp 1.575.000,-
	1		1	1	Rp 250.000,-		Rp 175.000,-
4.3.b	1		1	1	Rp 250.000,-		Rp 175.000,-
	1		1	1	Rp 250.000,-		Rp 175.000,-
4.3.c	1		1	1	Rp 250.000,-		Rp 175.000,-
4.3.d	1		1	1	Rp 250.000,-		Rp 175.000,-
5	1		2	2	Rp 500.000,-		Rp 700.000,-
6 + 7	1	2	3	4	Rp 1.000.000,-	Rp 1.600.000,-	Rp 2.100.000,-

Total besar upah per kategori tenaga kerja x (1 + i _K)	Rp 6.875.000,-	Rp 5.750.000,-	Rp 10.718.750,-
Total keseluruhan besar upah tenaga kerja	Rp 23.343.750,- per 1 unit sistem perporosan dan CPP		

- Komponen yang diganti umumnya *seal* atau *packing* dengan jumlah 3 unit per sistem perporosan. Harga *seal* = Rp 2.500.000,-/unit dengan faktor peningkatan harga *seal* i_s sebesar 1.5% per tahun.
- Di PT. X, biaya pemeliharaan yang ditanggung pemilik kapal biasanya hingga 1.5 x total keseluruhan besar upah tenaga kerja, yakni sebesar 1.5 x Rp 23.343.750,- = **Rp 35.015.625,- per 1 unit sistem perporosan + 1 unit CPP.**

Oleh karena OPV 80 m menggunakan konsep *twin screw*, maka biaya pemeliharaan yang ditanggung pemilik kapal menjadi 2 x lipat, yakni sebesar 2 x Rp 35.015.625,- = **Rp 70.031.250,-**.

Dari informasi di atas, dapat dibuat rencana pemeliharaan sistem perporosan dan CPP hingga batas usia kapal, yakni 30 tahun.

Tabel 4.39 Rencana pemeliharaan sistem perporosan dan CPP selama 30 tahun

Tahun ke-	Biaya pemeliharaan sistem perporosan dan CPP (BPSP)	Harga seal
0	0	0
1	-	-
2	-	-
3	-	-
4	-	-
5	Rp 70.031.250,- $\times (1 + i_p)^5$	Rp 15.000.000,- $\times (1 + i_s)^5$
6	-	-
7	-	-
8	-	-
9	-	-
10	Rp 70.031.250,- $\times (1 + i_p)^{10}$	Rp 15.000.000,- $\times (1 + i_s)^{10}$
11	-	-
12	-	-
13	-	-
14	-	-
15	Rp 70.031.250,- $\times (1 + i_p)^{15}$	Rp 15.000.000,- $\times (1 + i_s)^{15}$
16	-	-
17	-	-
18	-	-
19	-	-
20	Rp 70.031.250,- $\times (1 + i_p)^{20}$	Rp 15.000.000,- $\times (1 + i_s)^{20}$
21	-	-
22	-	-
23	-	-
24	-	-
25	Rp 70.031.250,- $\times (1 + i_p)^{25}$	Rp 15.000.000,- $\times (1 + i_s)^{25}$

26	-	-
27	-	-
28	-	-
29	-	-
30	Rp 70.031.250,- $\times (1 + i_p)^{30}$	Rp 15.000.000,- $\times (1 + i_s)^{30}$

4.6.4. Analisa *Present Value*

Pada penelitian ini, analisis aspek ekonomis sistem propulsi dilakukan dengan perbandingan nilai *present value* antara penerapan sistem propulsi DMP dan *hybrid* sampai 30 tahun operasi kapal. Tujuan dari analisa ini adalah untuk mengetahui seberapa besar penghematan biaya operasional yang dihasilkan dari penerapan sistem propulsi *hybrid* sampai 30 tahun operasi kapal.

Sebelum menentukan besar *present value* setiap tahun, terlebih dahulu dihitung *cash outflow* setiap tahun. Dalam perhitungan *cash outflow*, ada 2 (dua) jenis komponen biaya: biaya tetap dan biaya variabel. Komponen biaya tetap meliputi biaya investasi (BI) pada Tabel 4.26 dan Tabel 4.27, sedangkan komponen biaya variabel meliputi biaya-biaya operasional, yaitu

- a) biaya bahan bakar (B3) (Tabel 4.30);
- b) biaya pemeliharaan mesin induk (BJMI) dan biaya penggantian *spare part*-nya (BSMI) (Tabel 4.32);
- c) biaya pemeliharaan mesin bantu penggerak generator (BJMB) untuk sistem DMP (Tabel 4.33) dan *hybrid* (4.34) termasuk seluruh biaya penggantian *spare part*-nya (BSMB) masing-masing;
- d) biaya pemeliharaan mesin-mesin listrik (BR) termasuk biaya penggantian masing-masing *ball bearing*-nya (BB) (Tabel 4.36 dan Tabel 4.37); dan
- e) biaya pemeliharaan sistem perporosan dan CPP (BPSP) termasuk harga *seal* (HS) (Tabel 4.39).

Cash outflow (CO) pada saat sistem propulsi mulai beroperasi (CO_0) tentu sama dengan biaya investasinya, atau ditulis dengan Persamaan 4.10.

$$CO_0 = BI \quad (4.10)$$

CO per tahun dihitung melalui Persamaan 4.11.

$$CO_n = B3_n + BJMI_n + BJMB_n + BSP_n + BR_n + BB_n + BPSP_n + HS_n ; n \in N \quad (4.11)$$

Present value (PV) per tahun dapat dihitung melalui Persamaan 4.12.

$$PV_n = CO_n / (1 + i)^n ; n \in N \quad (4.12)$$

Di mana:

i = faktor kenaikan suku bunga bank
= 10%

Dengan menggunakan Persamaan 4.11 dan Persamaan 4.12, dapat dihitung CO dan PV masing-masing sistem propulsi sampai tahun ke-30.

Tabel 4.40 CO dan PV penerapan sistem DMP sampai 30 tahun operasi

Tahun ke-	Sistem DMP	
	CO	PV
0	-IDR 106,639,410,143	-IDR 106,639,410,143
1	-IDR 150,947,957,488	-IDR 137,225,415,898
2	-IDR 178,993,639,285	-IDR 147,928,627,508
3	-IDR 239,000,449,114	-IDR 179,564,574,842
4	-IDR 322,160,188,752	-IDR 220,039,743,701
5	-IDR 449,546,687,240	-IDR 279,133,123,818
6	-IDR 492,777,656,603	-IDR 278,160,140,465
7	-IDR 610,437,688,477	-IDR 313,251,055,516
8	-IDR 670,688,527,673	-IDR 312,881,147,982
9	-IDR 761,726,717,411	-IDR 323,046,486,705
10	-IDR 916,492,803,788	-IDR 353,347,650,311
11	-IDR 950,233,361,913	-IDR 333,050,996,434

12	-IDR 1,090,106,617,365	-IDR 347,341,562,882
13	-IDR 1,146,355,663,803	-IDR 332,058,402,313
14	-IDR 1,247,565,814,244	-IDR 328,523,070,694
15	-IDR 1,437,420,526,622	-IDR 344,107,045,673
16	-IDR 1,455,998,046,089	-IDR 316,867,596,482
17	-IDR 1,623,013,656,315	-IDR 321,104,599,454
18	-IDR 1,672,239,304,391	-IDR 300,766,937,726
19	-IDR 1,783,555,888,566	-IDR 291,625,639,866
20	-IDR 2,021,374,197,734	-IDR 300,464,394,346
21	-IDR 2,013,344,373,504	-IDR 272,064,374,672
22	-IDR 2,217,683,920,549	-IDR 272,433,540,298
23	-IDR 2,252,416,300,733	-IDR 251,545,703,052
24	-IDR 2,376,110,165,907	-IDR 241,236,005,495
25	-IDR 2,677,085,888,290	-IDR 247,084,314,266
26	-IDR 2,629,491,269,276	-IDR 220,628,655,814
27	-IDR 2,881,931,737,490	-IDR 219,827,079,661
28	-IDR 2,893,619,825,024	-IDR 200,653,290,831
29	-IDR 3,029,159,616,077	-IDR 190,956,430,847
30	-IDR 3,418,476,875,947	-IDR 195,907,964,254
ΣPV_{DMP}		-IDR 8,113,250,298,313,-

Tabel 4.41 CO dan PV penerapan sistem propulsi *hybrid* sampai 30 tahun operasi

Tahun ke-	Sistem Propulsi <i>Hybrid</i>	
	CO	PV
0	-IDR 107,302,399,186	-IDR 107,302,399,186
1	-IDR 145,590,993,541	-IDR 132,355,448,674
2	-IDR 167,586,891,630	-IDR 138,501,563,331
3	-IDR 221,205,994,183	-IDR 166,195,337,478
4	-IDR 298,664,446,675	-IDR 203,991,835,718
5	-IDR 419,270,897,050	-IDR 260,334,240,116
6	-IDR 456,423,589,398	-IDR 257,639,217,277
7	-IDR 567,176,307,217	-IDR 291,051,126,516
8	-IDR 621,314,980,157	-IDR 289,848,023,678
9	-IDR 704,955,117,091	-IDR 298,969,786,218
10	-IDR 853,134,488,118	-IDR 328,920,276,875
11	-IDR 879,405,719,316	-IDR 308,226,339,789
12	-IDR 1,012,574,286,611	-IDR 322,637,372,935
13	-IDR 1,060,904,104,199	-IDR 307,306,129,303
14	-IDR 1,154,976,735,859	-IDR 304,141,472,548
15	-IDR 1,336,754,232,873	-IDR 320,008,335,310
16	-IDR 1,348,139,444,607	-IDR 293,394,422,254
17	-IDR 1,506,517,942,000	-IDR 298,056,543,427
18	-IDR 1,548,009,382,709	-IDR 278,423,094,342
19	-IDR 1,650,591,233,652	-IDR 269,884,856,290
20	-IDR 1,880,526,296,124	-IDR 279,528,251,251

21	-IDR 1,863,245,421,064	-IDR 251,781,417,533
22	-IDR 2,059,204,375,071	-IDR 252,964,966,243
23	-IDR 2,084,490,813,127	-IDR 232,792,093,949
24	-IDR 2,199,723,232,397	-IDR 223,328,216,592
25	-IDR 2,490,613,661,178	-IDR 229,873,673,932
26	-IDR 2,433,938,238,400	-IDR 204,220,690,195
27	-IDR 2,676,163,469,965	-IDR 204,131,552,682
28	-IDR 2,678,584,180,747	-IDR 185,741,998,996
29	-IDR 2,803,315,735,162	-IDR 176,719,366,151
30	-IDR 3,182,793,685,322	-IDR 182,401,301,562
ΣPV_{Hybrid}		-IDR 7,534,045,002,681,-

BAB V PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil-hasil penelitian skripsi tentang kajian teknis dan ekonomis penerapan sistem propulsi *hybrid* pada OPV 80 m dengan *controllable pitch propeller* yang telah dilakukan, dapat diambil kesimpulan bahwa:

penerapan sistem propulsi *hybrid* pada OPV 80 m dengan *controllable pitch propeller* benar-benar menguntungkan baik dari segi teknis maupun ekonomis.

Penarikan kesimpulan di atas berdasarkan atas beberapa hasil penelitian sebagai berikut.

1. Selama kondisi pengintaian ($V_s = 10$ knot), bila menerapkan sistem DMP, *load factor* mesin induk hanya sebesar 7,08%. Bila menerapkan sistem propulsi *hybrid*, maka mode *shaft motor* diaktifkan sehingga *load factor* mesin induk menjadi sebesar 0% (tidak ada pembenanan) karena memang mesin induk tidak dijalankan sama sekali dan operasi pengintaian menjadi lebih senyap dan lebih ramah lingkungan.
2. Selama kondisi patroli ($V_s = 18$ knot), bila menerapkan sistem DMP, *load factor* mesin induk hanya sebesar 49,54%. Bila menerapkan sistem propulsi *hybrid*, mode *shaft generator* diaktifkan sehingga *load factor* mesin induk menjadi sebesar 62,10%. Pada kondisi ini, rasio P/D yang mampu mendorong kapal mencapai $V_s = 18$ knot agar *shaft generator* menghasilkan daya listrik sebesar 355 kWe adalah rasio $P/D = 0.9$.
3. Selama kondisi pengejaran ($V_s = 22$ knot), bila menerapkan sistem DMP, *load factor* mesin induk mencapai 77,67%. Bila menerapkan sistem propulsi *hybrid*, mode *booster* diaktifkan melalui sinkronisasi *shaft motor* dengan mesin induk sehingga *load factor* mesin induk menjadi sebesar 89,949%. Pada kondisi ini, rasio P/D yang mampu mendorong kapal mencapai $V_s = 22$ knot agar *shaft motor* tetap sinkron dengan mesin induk adalah rasio $P/D = 0.79$.
4. Pada putaran 1988,5 rpm, terjadi sinkronisasi unjuk kerja mesin induk dan *shaft motor* untuk menghasilkan daya total sebesar 3238,164 kW + 355 kW = 3593,164 kW agar kecepatan kapal mencapai 22 knot dengan rasio $P/D = 0.79$.

5. Biaya investasi penerapan sistem DMP pada tahun 2017 sebesar Rp 106.639.410.143,- sedangkan biaya investasi penerapan sistem propulsi *hybrid* sebesar Rp 107.302.399.186,- sehingga selisih di antara keduanya mencapai Rp 662.989.042,-.
6. Penerapan sistem propulsi *hybrid* pada OPV 80 m dapat menurunkan konsumsi bahan bakar secara signifikan, yakni dari 6817,339 ton/tahun menjadi hanya sebesar 6308,976 ton/tahun. Penurunan konsumsi bahan bakar menciptakan kondisi operasional yang lebih ramah lingkungan.
7. Sampai tahun ke-30 pengoperasian OPV 80 m, total biaya bahan bakar dengan penerapan sistem DMP mencapai Rp 44.428.640.001.434,- sedangkan dengan penerapan sistem propulsi *hybrid* sebesar Rp 41.115.632.805.620,- sehingga selisih di antara keduanya mencapai Rp 3.313.007.195.813,-.
8. Sampai tahun ke-30 pengoperasian OPV 80 m, total biaya pemeliharaan sistem DMP sebesar Rp 326.177.757.012,- sedangkan total biaya pemeliharaan sistem propulsi *hybrid* mencapai Rp 817.804.656.701,- sehingga selisih di antara keduanya mencapai Rp 491.626.899.689,-.
9. Total *present value* dari penerapan sistem propulsi *hybrid* jauh lebih kecil daripada sistem DMP dengan selisih mencapai Rp 579.205.295.632,- dalam kurun waktu 30 tahun pengoperasian OPV 80 m.

5.2. Saran

Konsep sistem propulsi *hybrid* dalam penelitian ini juga dapat diterapkan pada kapal-kapal selain OPV yang memiliki kondisi operasi yang beraneka ragam, seperti *anchor handling tug supply vessel* (AHTS), *offshore supply vessel* (OSV), dan RoPax. Selain itu, dengan memadukan penggunaan teknologi *renewable energy resources* seperti *fuel cell* ke dalam konsep *hybrid propulsion*, maka kebutuhan akan *diesel generator set* dapat ditekan seminimum mungkin sehingga konsumsi bahan bakar berkurang dan pengoperasian kapal menjadi lebih senyap dan lebih ramah lingkungan.

DAFTAR PUSTAKA

ABB, 2006

ABB: “*IEC Low Voltage Induction Motors 400 V 50 Hz: Motors for All Applications*”, ABB Industry Oy

ABB, 2010

ABB: “*Softstarter Handbook*”, ABB Industry Oy

ABB, 2016

ABB: “*ABB machinery drives: ACS850 0.37 kW to 560 kW/0.5 to 700 hp Catalog*”, ABB Industry Oy

Anwar dan Santoso, 2012

Choirul Anwar; Agoes Santoso: “Desain Diesel Elektrik sebagai Sistem *Propulsion Plant* pada *Offshore Patrol Vessel* (OPV) 80 M”, FTK-ITS Surabaya

Bernitsas et al, 1981

M. M. Bernitsas; D. Ray; P. Kinley: “*K_T, K_Q and Efficiency Curves for the Wageningen B-Series Propellers*”, Department of Naval Architecture and Marine Engineering – College of Engineering – The University of Michigan

Firmansyah et al, 2012

Alfan Dicky Firmansyah; Agoes Santoso; Edy Djatmiko: “Perancangan *Controllable Pitch Propeller* pada Kapal *Offshore Patrol Vessel* 80 (OPV80)”, FTK-ITS Surabaya

Harvald, 1992

Sv. Aa. Harvald: “Tahanan dan Propulsi Kapal”, diterjemahkan oleh Jusuf Soetomo, Airlangga University Press

Homik, 2010

Wojciech Homik: “*Diagnostics, maintenance and regeneration of torsional vibration dampers for crankshafts on ship diesel engines*”, p 62 – 68 dalam: “*Polish Maritime Research*”, Warsawa

Koenhardono et al, 2014

Eddy Setyo Koenhardono; Eko Budi Djatmiko; Adi Soeprijanto; M. Isa Irawan: “Manajemen Pembangkitan Daya pada Kapal Patroli Trimaran dengan Sistem Propulsi *Hybrid Shaft Generator* berbasis *Neural Network*”, FTK-ITS Surabaya

Kwasieckyj, 2013

Bas Kwasieckyj: “*Hybrid propulsion system: Efficiency analysis and design methodology of hybrid propulsion systems*”, TU Delft

Vorus, 1988

William S. Vorus: “*Vibration*”, p 291 – 305 dalam: “*Principles of Naval Architecture Second Revision: Volume II Resistance, Propulsion and Vibration*” (Edward V. Lewis, editor), SNAME

Marappung, 1979

M. Marappung: “Teknik Tenaga Listrik”, Armico

Manen dan Oosannen, 1988

J. D. van Manen dan P. van Oosannen, “*Resistance*”, p 15 – 93 dalam: “*Principles of Naval Architecture Second Revision: Volume II Resistance, Propulsion and Vibration*” (Edward V. Lewis, editor), SNAME

Molland et al, 2011

Anthony F. Molland, Stephen R. Turnock, dan Dominic A. Hudson: “*Ship Resistance and Propulsion: Practical Estimation of Ship Propulsive Power*”, Cambridge University Press

MTU, 2003

MTU: “*Leistungsdiagramm / Performance Diagram*”, MTU Friedrichshafen GmbH

MTU, 2013

MTU: “*Marine & Offshore Solution Guide: Diesel Engines, Gas Turbines, Propulsion Systems, Generator Sets, Automation*”, MTU Friedrichshafen GmbH

Takaishi et al, 2008

T. Takaishi, A. Numata, R. Nakano, K. Sakaguchi: “*Approach to High Efficiency Diesel Engine and Gas Engines*”, Mitsubishi Heavy Ind. Ltd.

Underwood, 1996

Mark J. Underwood: “*Patrol Boats: A World Market Overview*”, p 101 – 107 dalam: “*Marine Technology*”, SNAME

Woodward, 1971

John B. Woodward III: “*Matching Engine and Propeller*”, Department of Naval Architecture and Marine Engineering – College of Engineering – The University of Michigan

Woud dan Stapersma, 2002

H. K. Woud; D. Stapersma: “*Design of propulsion and electric power generation systems*”, IMarEST

ZF, 2016

ZF: “*Product Selection Guide 2016*”, ZF Friedrichshafen AG

Sumber-sumber *websites*:

1. <http://www.rolls-royce.com>
Diakses pada tanggal 13 Juli 2017 pada jam 00.33
2. <https://marine.man.eu>
Diakses pada tanggal 13 Juli 2017 pada jam 00.35
3. <http://www.niigata-power.com/english/products/marine/>
Diakses pada tanggal 13 Juli 2017 pada jam 00.36
4. <http://www.mpoweruk.com>
Diakses pada tanggal 13 Juli 2017 pada jam 00.37
5. www.ebay.com
Diakses pada tanggal 13 Juli 2017 pada jam 00.40
6. www.bunkerbbm.co.id
Diakses pada tanggal 13 Juli 2017 pada jam 00.41
7. www.web.mit.edu
Diakses pada tanggal 13 Juli 2017 pada jam 00.20

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LAMPIRAN A
PERHITUNGAN TAHANAN TOTAL KAPAL dengan METODE HOLTROP
(van Manen, J. D. dan van Oosannen, P., 1988)

$$R_T = R_F(1 + k_1) + R_{APP} + R_W + R_B + R_{TR} + R_A \quad (A.1)$$

Di mana:

- R_T = tahanan total yang dialami kapal
- R_F = tahanan gesek menurut rumus ITTC-1957
- $(1 + k_1)$ = faktor bentuk badan kapal yang berkorelasi terhadap tahanan gesek kapal
- R_{APP} = tahanan gesek yang ditimbulkan oleh *appendages* yang tercelup dalam air, seperti *transom*, *rudder*, *bilge keel*, *shaft bossing*, *bolbous bow*, *skeg*, dan lain-lain
- R_W = tahanan yang dialami badan kapal akibat gelombang yang terbentuk dari gerakan badan kapal terhadap air
- R_B = tahanan tambahan yang diakibatkan oleh *bulbous bow* yang terletak dekat permukaan air
- R_{TR} = tahanan tambahan yang diakibatkan oleh *transom* yang tercelup dalam air
- R_A = tahanan tambahan akibat korelasi antara model kapal dengan badan kapal ukuran nyata

Faktor bentuk badan kapal $(1 + k_1)$ diperoleh dengan persamaan berikut.

$$(1 + k_1) = c_{13} \left[0.93 + c_{12} \left(\frac{B}{L_R} \right)^{0.92497} (0.95 - C_P)^{-0.521448} (1 - C_P + 0.0225 \text{ lcb})^{0.6906} \right] \quad (A.2)$$

Di mana:

(A.3)

$$\begin{aligned}
c_{12} &= (T/Lwl)^{0.2228446} && \text{untuk } T/Lwl > 0.05 \\
&= 48.20 (T/Lwl - 0.02)^{2.078} + 0.479948 && \text{untuk } 0.02 < T/Lwl < 0.05 \\
&= 0.479948 && \text{untuk } T/Lwl < 0.02
\end{aligned}
\tag{A.4}$$

$$c_{13} = 1 + 0.003 C_{\text{stern}} \tag{A.6}$$

Di mana:

$$\begin{aligned}
c_{13} &= \text{koefisien bentuk buritan badan kapal} \\
&= -10 \quad \text{untuk buritan berbentuk V} \\
&= 0 \quad \text{untuk buritan berbentuk normal} \\
&= +10 \quad \text{untuk buritan berbentuk U}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
C_P &= \text{koefisien prismatic badan kapal} \\
L_R &= Lwl [1 - C_P + 0.06 C_P lcb / (4 C_P - 1)]
\end{aligned}
\tag{A.7}$$

Luas permukaan basah badan kapal, S, dapat diperoleh dengan persamaan berikut.

$$S = Lwl(2T + B)\sqrt{C_M} \left(0.453 + 0.4425 C_B - 0.2862 C_M - 0.003467 \left(\frac{B}{T} \right) + 0.3696 C_{WP} \right) + 2.38 \left(\frac{A_{BT}}{C_B} \right) \tag{A.8}$$

Di mana:

$$\begin{aligned}
C_B &= \text{koefisien blok badan kapal} \\
C_M &= \text{koefisien } \textit{midship section area} \\
C_{WP} &= \text{koefisien } \textit{waterplane area}
\end{aligned}$$

A_{BT} = luasan melintang bagian *boulbous bow* yang dipotong oleh garis muat air

Besar tahanan gesek badan kapal berdasarkan rumus ITTC 1957 adalah:

$$R_F = \frac{1}{2} \rho C_F S V_S^2 \quad (A.9)$$

Di mana:

$$\begin{aligned} C_F &= \text{koefisien gesek} \\ &= \frac{0.075}{(\text{Log } Rn - 2)^2} \end{aligned} \quad (A.10)$$

Di mana:

$$\begin{aligned} Rn &= \text{bilangan Reynolds} \\ &= \frac{V_S \cdot L_{wl}}{\vartheta} \end{aligned} \quad (A.11)$$

Di mana:

ϑ = viskositas dinamik air laut

ρ = massa jenis air laut

S = luas permukaan basah

V_S = kecepatan dinas kapal

Tahanan gesek yang ditimbulkan oleh komponen-komponen badan kapal yang tercelup dalam air, R_{APP} , dapat ditentukan dari persamaan berikut.

$$R_{APP} = \frac{1}{2} \rho C_F S_{APP} (1 + k_2)_{eq} V S^2$$

(A.12)

Di mana:

C_F = koefisien gesek berdasarkan Persamaan 4.12

S_{APP} = luas permukaan basah *appendages*

$(1 + k_2)_{eq}$ = faktor tahanan *appendage*

$$= \frac{\sum (1+k_2) S_{APP}}{\sum S_{APP}}$$

(A.13)

Di mana:

$(1 + k_2)$	= 1.5 ~ 2.0 untuk <i>rudder</i> di belakang <i>skeg</i>
	= 1.3 ~ 1.5 untuk <i>rudder</i> di belakang buritan
	= 2.8 untuk <i>twin screw rudders</i>
	= 3.0 untuk <i>shaft brackets</i>
	= 1.5 ~ 2.0 untuk <i>skeg</i>
	= 3.0 untuk <i>strut bossing</i>
	= 2.0 untuk <i>hull bossing</i>

$$\begin{aligned}
&= 2.0 \sim 4.0 && \text{untuk } \textit{wetted shafts} \\
&= 2.8 && \text{untuk } \textit{stabilizer fins} \\
&= 1.4 && \text{untuk } \textit{bilge keels}
\end{aligned}$$

Tahanan gelombang yang ditimbulkan oleh badan kapal, R_W , dapat ditentukan dari persamaan berikut.

$$R_W = c_1 c_2 c_5 \nabla \rho g \exp[m_1 F_n^{-0.9} + m_2 \cos(\lambda F_n^{-2})] \quad (\text{A.14})$$

Di mana:

$$c_1 = 2223105 c_7^{3.78613} \left(\frac{T}{B}\right)^{1.07961} (90 - i_E)^{-1.37565} \quad (\text{A.15})$$

Di mana:

$$c_7 = 0.229577 \left(\frac{B}{L_{wl}}\right)^{0.33333} \text{ untuk } B/L_{wl} < 0.11 \quad (\text{A.16})$$

$$= B/L_{wl} \text{ untuk } 0.11 < B/L_{wl} < 0.25 \quad (\text{A.17})$$

$$= 0.5 - 0.0625 L/B \text{ untuk } B/L_{wl} > 0.25 \quad (\text{A.18})$$

$$c_2 = \exp(-1.89\sqrt{c_3})$$

(A.19)

Di mana:

$$c_3 = 0.56 A_{BT}^{1.5} / [BT(0.31\sqrt{A_{BT}} + T_F - h_B)]$$

(A.20)

Di mana:

h_B = letak dari pusat luasan A_{BT} di atas garis lunas

T_F = sarat air di bagian depan kapal

$$c_5 = 1 - 0.8 A_T / (BTC_M)$$

(A.21)

Di mana:

A_T = luasan *transom* yang tercelup dalam air pada saat kapal diam

∇ = volume displasmen kapal

$$m_1 = 0.0140407 Lwl/T - 1.75254 \nabla^{1/3} / Lwl - 4.79323 \quad B/Lwl - c_{16}$$

(A.22)

Di mana:

$$c_{16} = 8.07981 C_P - 13.8673 C_P^2 + 6.984388 C_P^3 \quad \text{untuk } C_P < 0.8$$

(A.23)

$$(A.24) \quad = 1.73014 - 0.7067 C_p \quad \text{untuk } C_p > 0.8$$

$$(A.25) \quad m_2 = c_{15} C_p^2 \exp(-0.1 F_n^{-2})$$

Di mana:

$$(A.26) \quad c_{15} = -1.69385 \quad \text{untuk } Lwl^3/\nabla < 512$$

$$(A.27) \quad = -1.69385 + (Lwl/\nabla^{1/3} - 8)/2.36 \quad \text{untuk } 512 < Lwl^3/\nabla < 1727$$

$$(A.28) \quad = 0.0 \quad \text{untuk } Lwl^3/\nabla > 1727$$

$$(A.29) \quad \lambda = 1.446 C_p - 0.03 Lwl/B \quad \text{untuk } Lwl/B < 12$$

$$(A.30) \quad = 1.446 C_p - 0.36 \quad \text{untuk } Lwl/B > 12$$

Tahanan tambahan akibat perubahan tekanan akibat *transom* yang tercelup, R_{TR} , dapat ditentukan dari persamaan berikut.

$$R_{TR} = \frac{1}{2} \rho A_T c_6 V_s^2$$

(A.31)

Di mana:

$$c_6 = 0.2 (1 - 0.2 F_{nT}) \text{ untuk } F_{nT} < 5$$

(A.32)

$$= 0 \text{ untuk } F_{nT} \geq 5$$

(A.33)

Di mana:

$$F_{nT} = \text{Froude number untuk transom yang tercelup}$$

$$= \frac{V_s}{\sqrt{2gA_T/B(1+C_{WP})}}$$

(A.34)

Tahanan tambahan akibat oleh keberadaan *bolbous bow* yang terletak dekat permukaan air, R_B , dapat dihitung dengan persamaan berikut.

$$R_B = 0.11 \exp(-3P_B^{-2}) F_{ni}^3 A_{BT}^{1.5} \rho g / (1 + F_{ni}^2)$$

(A.35)

Di mana:

$$F_{ni} = Vs / \sqrt{g(T_F - h_B - 0.25 \sqrt{A_{BT}}) + 0.15Vs^2}$$

(A.36)

Tahanan tambahan akibat korelasi antara model kapal dengan badan kapal ukuran nyata, R_A , dapat ditentukan dari persamaan berikut.

$$R_A = \frac{1}{2} \rho C_A S V s^2$$

(A.37)

Di mana:

$$C_A = 0.006 (Lwl + 100)^{-0.16} - 0.00205 + 0.003 \sqrt{Lwl/7.5} C_B^4 c_2 (0.04 - c_4)$$

(A.38)

Di mana:

$$c_4 = T_F / Lwl \text{ untuk } T_F / Lwl \leq 0.04$$

(A.39)

$$= 0.04 \text{ untuk } T_F / Lwl > 0.04$$

(A.40)

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LAMPIRAN B
PERSAMAAN-PERSAMAAN POLINOMIAL untuk MENCARI
HARGA-HARGA K_t dan K_q untuk PROPELLER
WAGENINGEN B-SERIES (BERNITSAS ET AL, 1981)

Coefficients and terms of the K_T and K_Q polynomials for the Wageningen B-screw
 Series for $R_n=2 \times 10^6$. Reproduced from [1]

$$K_T = \sum C_{s,t,u,v}^T \cdot (J)^s \cdot (P/D)^t \cdot (A_E/A_O)^u \cdot (z^v)$$

$$K_Q = \sum C_{s,t,u,v}^Q \cdot (J)^s \cdot (P/D)^t \cdot (A_E/A_O)^u \cdot (z^v)$$

K_T	$C_{s,t,u,v}^T$	s (J)	t (P/D)	u (A_E/A_O)	v (Z)	$C_{s,t,u,v}^Q$	s (J)	t (P/D)	u (A_E/A_O)	v (Z)
	+0.00880496	0	0	0	0	+0.00379368	0	0	0	0
	-0.204554	1	0	0	0	+0.00886523	2	0	0	0
	+0.166351	0	1	0	0	-0.032241	1	1	0	0
	+0.158114	0	2	0	0	+0.00344778	0	2	0	0
	-0.147581	2	0	1	0	-0.0408811	0	1	1	0
	-0.481497	1	1	1	0	-0.108009	1	1	1	0
	+0.415437	0	2	1	0	-0.0885381	2	1	1	0
	+0.0144043	0	0	0	1	+0.188561	0	2	1	0
	-0.0530054	2	0	0	1	-0.00370871	1	0	0	1
	+0.0143481	0	1	0	1	+0.00513696	0	1	0	1
	+0.0606826	1	1	0	1	+0.0209449	1	1	0	1
	-0.0125894	0	0	1	1	+0.00474319	2	1	0	1
	+0.0109689	1	0	1	1	-0.00723408	2	0	1	1
	-0.133698	0	3	0	0	+0.00438388	1	1	1	1
	+0.00638407	0	6	0	0	-0.0269403	0	2	1	1
	-0.00132718	2	6	0	0	+0.0558082	3	0	1	0
	+0.168496	3	0	1	0	+0.0161886	0	3	1	0
	-0.0507214	0	0	2	0	+0.00318086	1	3	1	0
	+0.0854559	2	0	2	0	+0.015896	0	0	2	0
	-0.0504475	3	0	2	0	+0.0471729	1	0	2	0
	+0.010465	1	6	2	0	+0.0196283	3	0	2	0
	-0.00648272	2	6	2	0	-0.0502782	0	1	2	0
	-0.00841728	0	3	0	1	-0.030055	3	1	2	0
	+0.0168424	1	3	0	1	+0.0417122	2	2	2	0
	-0.00102296	3	3	0	1	-0.0397722	0	3	2	0
	-0.0317791	0	3	1	1	-0.00350024	0	6	2	0
	+0.018604	1	0	2	1	-0.0106854	3	0	0	1
	-0.00410798	0	2	2	1	+0.00110903	3	3	0	1
	-0.000606848	0	0	0	2	-0.000313912	0	6	0	1
	-0.0049819	1	0	0	2	+0.0035985	3	0	1	1
	+0.0025983	2	0	0	2	-0.00142121	0	6	1	1
	-0.000560528	3	0	0	2	-0.00383637	1	0	2	1
	-0.00163652	1	2	0	2	+0.0126803	0	2	2	1
	-0.000328787	1	6	0	2	-0.00318278	2	3	2	1
	+0.000116502	2	6	0	2	+0.00334268	0	6	2	1
	+0.000690904	0	0	1	2	-0.00183491	1	1	0	2
	+0.00421749	0	3	1	2	+0.000112451	3	2	0	2
	+0.0000565229	3	6	1	2	-0.0000297228	3	6	0	2
	-0.00146564	0	3	2	2	+0.000269551	1	0	1	2
						+0.00083265	2	0	1	2
						+0.00155334	0	2	1	2
						+0.000302683	0	6	1	2
						-0.0001843	0	0	2	2
						-0.000425399	0	3	2	2
						+0.0000869243	3	3	2	2
						-0.0004659	0	6	2	2
						+0.0000554194	1	6	2	2

$$R_n = 2 \times 10^6$$

Polynomials for Reynolds number effect (above $R_n = 2 \times 10^6$) on K_T and K_Q

$$\Delta K_T = 0.000353485$$

$$\begin{aligned} & -0.00333758(A_E/A_O)J^2 \\ & -0.00478125(A_E/A_O)(P/D)J \\ & +0.000257792(\log R_n - 0.301)^2(A_E/A_O)J^2 \\ & +0.0000643192(\log R_n - 0.301)(P/D)^6J^2 \\ & -0.0000110636(\log R_n - 0.301)^2(P/D)^6J^2 \\ & -0.0000276305(\log R_n - 0.301)^2z(A_E/A_O)J^2 \\ & +0.0000954(\log R_n - 0.301)z(A_E/A_O)(P/D)J \\ & +0.0000032049(\log R_n - 0.301)z^2(A_E/A_O)(P/D)^3J \end{aligned}$$

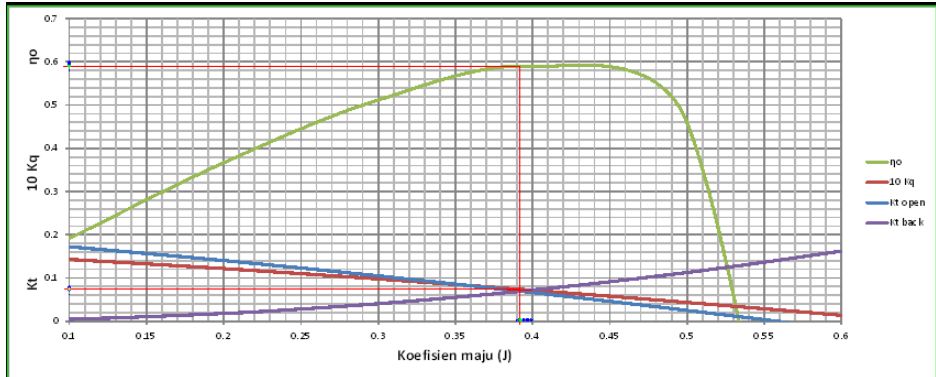
$$\Delta K_Q = -0.000591412$$

$$\begin{aligned} & +0.00696898(P/D) \\ & -0.0000666654z(P/D)^6 \\ & +0.0160818(A_E/A_O)^2 \\ & -0.000938091(\log R_n - 0.301)(P/D) \\ & -0.00059593(\log R_n - 0.301)(P/D)^2 \\ & +0.0000782099(\log R_n - 0.301)^2(P/D)^2 \\ & +0.0000052199(\log R_n - 0.301)z(A_E/A_O)J^2 \\ & -0.00000088528(\log R_n - 0.301)^2z(A_E/A_O)(P/D)J \\ & +0.0000230171(\log R_n - 0.301)z(P/D)^6 \\ & -0.00000184341(\log R_n - 0.301)^2z(P/D)^6 \\ & -0.00400252(\log R_n - 0.301)(A_E/A_O)^2 \\ & +0.000220915(\log R_n - 0.301)^2(A_E/A_O)^2 \end{aligned}$$

LAMPIRAN C

PENENTUAN HARGA-HARGA J , K_q , dan η_o pada BERBAGAI V_s dan RASIO P/D untuk SISTEM DMP

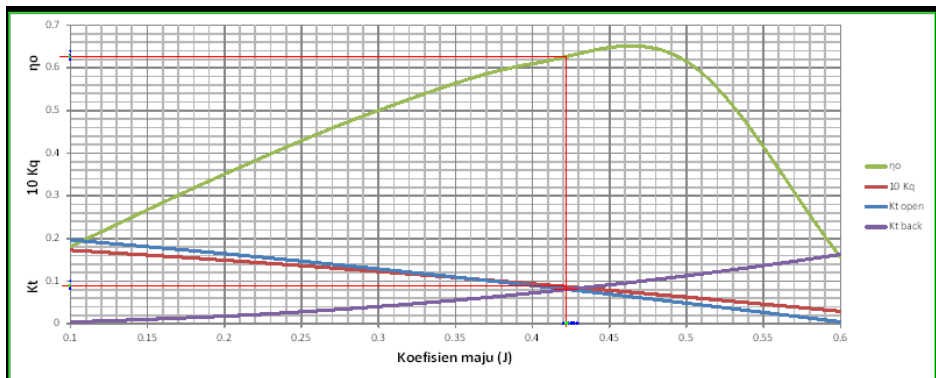
- 1) Interseksi antara kurva $K_{t_{Hull}}$ vs J dengan kurva $K_{t_{Prop}}$ vs J pada
 $V_s = 10$ knot dan rasio $P/D = 0.5$



Hasil interseksi:

$$\begin{aligned} J &= 0.38958 \\ K_q &= 0.00749 \\ \eta_o &= 0.5892 \end{aligned}$$

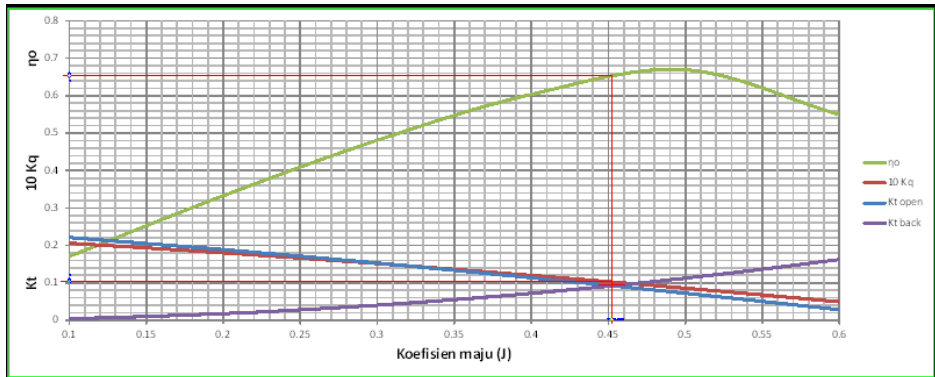
- 2) Interseksi antara kurva $K_{t_{Hull}}$ vs J dengan kurva $K_{t_{Prop}}$ vs J pada
 $V_s = 10$ knot dan rasio $P/D = 0.55$



Hasil interseksi:

$$\begin{aligned} J &= 0.42258 \\ K_q &= 0.009 \\ \eta_o &= 0.6275 \end{aligned}$$

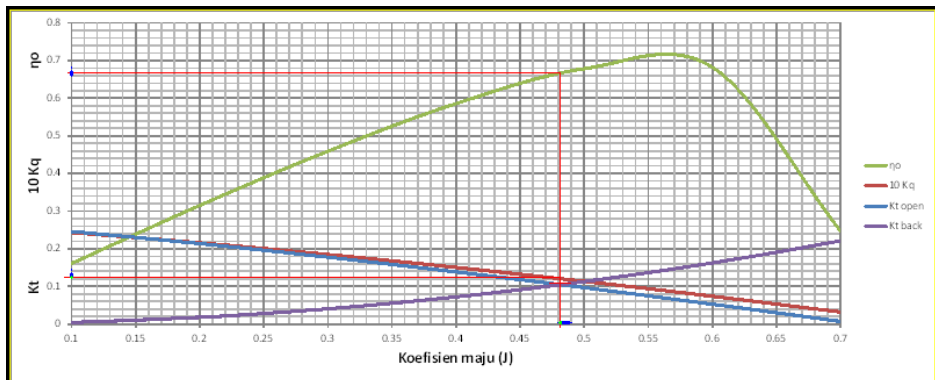
- 3) Interseksi antara kurva $K_{t_{Hull}}$ vs J dengan kurva $K_{t_{Prop}}$ vs J pada $V_s = 10$ knot dan rasio $P/D = 0.6$



Hasil interseksi:

$$\begin{aligned} J &= 0.452735 \\ K_q &= 0.010176 \\ \eta_o &= 0.6541 \end{aligned}$$

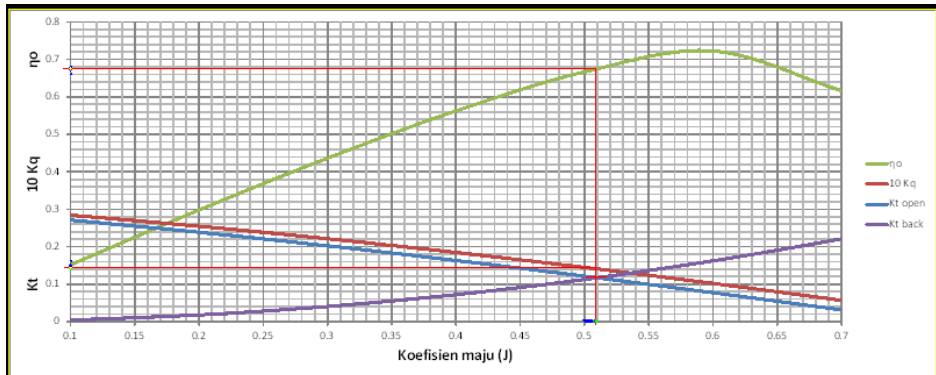
- 4) Interseksi antara kurva $K_{t_{Hull}}$ vs J dengan kurva $K_{t_{Prop}}$ vs J pada $V_s = 10$ knot dan rasio $P/D = 0.65$



Hasil interseksi:

$$\begin{aligned} J &= 0.4811 \\ K_q &= 0.0108 \\ \eta_o &= 0.667 \end{aligned}$$

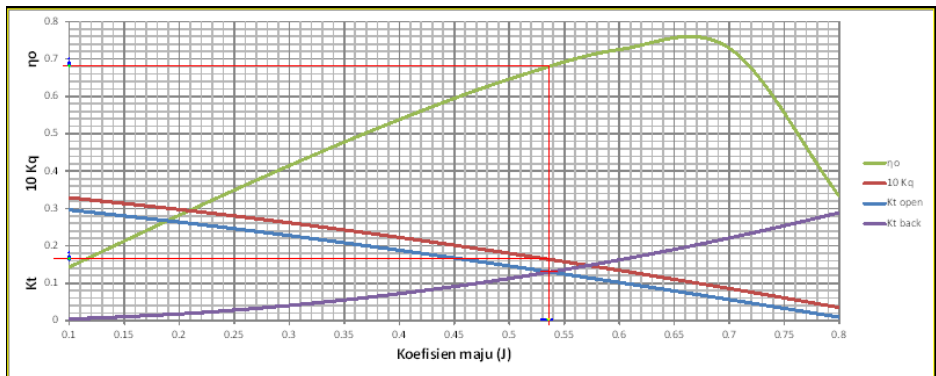
- 5) Interseksi antara kurva $K_{t_{Hull}}$ vs J dengan kurva $K_{t_{Prop}}$ vs J pada $V_s = 10$ knot dan rasio $P/D = 0.7$



Hasil interseksi:

$$\begin{aligned} J &= 0.509615 \\ Kq &= 0.01409 \\ \eta_o &= 0.675 \end{aligned}$$

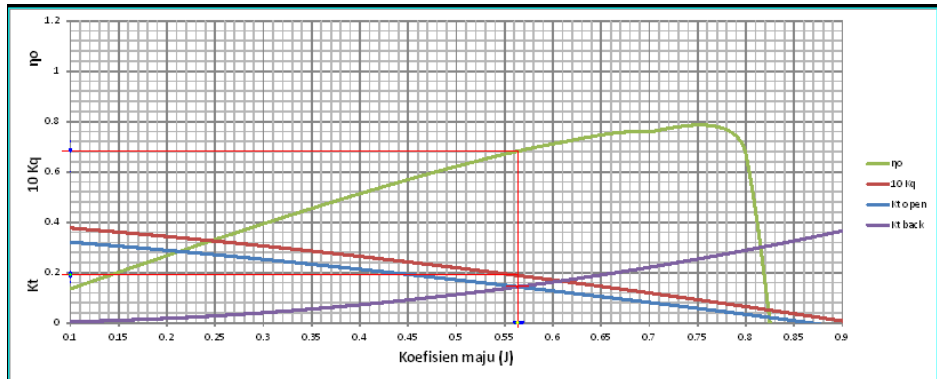
- 6) Interseksi antara kurva $K_{t_{Hull}}$ vs J dengan kurva $K_{t_{Prop}}$ vs J pada $V_s = 10$ knot dan rasio $P/D = 0.75$



Hasil interseksi:

$$\begin{aligned} J &= 0.537149 \\ Kq &= 0.016375 \\ \eta_o &= 0.681656 \end{aligned}$$

- 7) Interseksi antara kurva K_{tHull} vs J dengan kurva K_{tProp} vs J pada $V_s = 10$ knot dan rasio $P/D = 0.8$



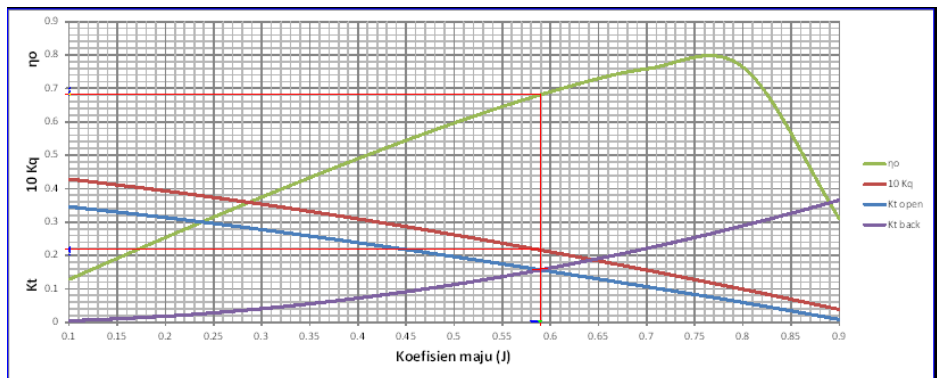
Hasil interseksi:

$J = 0.5635885$

$K_q = 0.019441$

$\eta_p = 0.6823$

- 8) Interseksi antara kurva K_{tHull} vs J dengan kurva K_{tProp} vs J pada $V_s = 10$ knot dan rasio $P/D = 0.85$



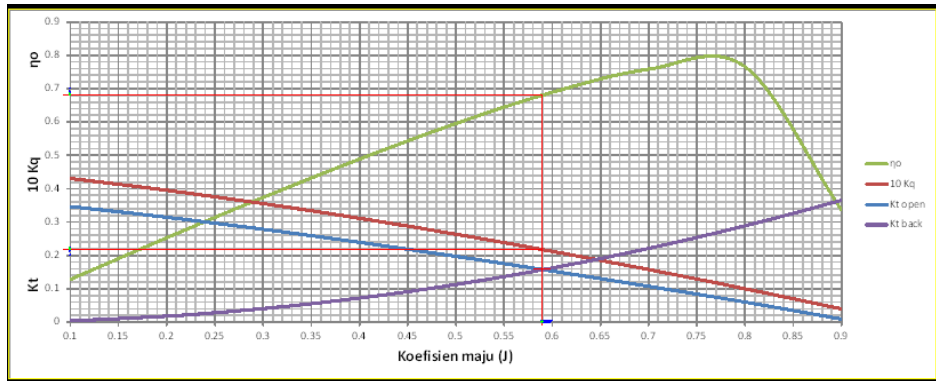
Hasil interseksi:

$J = 0.589467$

$K_q = 0.021624$

$\eta_p = 0.6813$

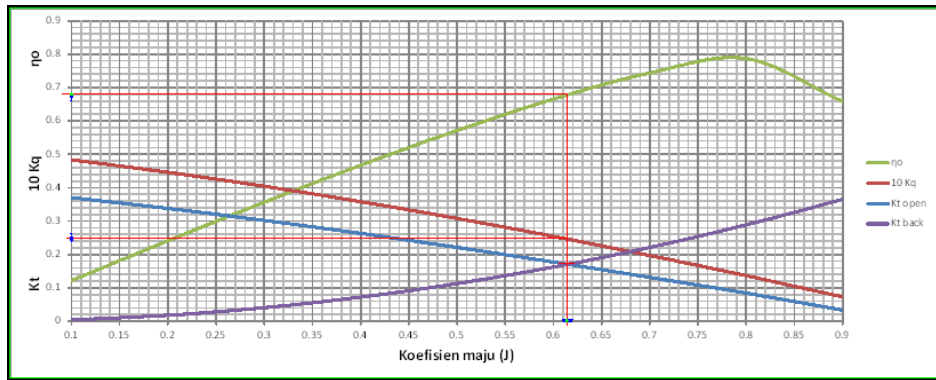
- 9) Interseksi antara kurva $K_{t_{Hull}}$ vs J dengan kurva $K_{t_{Prop}}$ vs J pada $V_s = 10$ knot dan rasio $P/D = 0.852$



Hasil interseksi:

$$\begin{aligned} J &= 0.5905 \\ Kq &= 0.021739 \\ \eta_o &= 0.68125 \end{aligned}$$

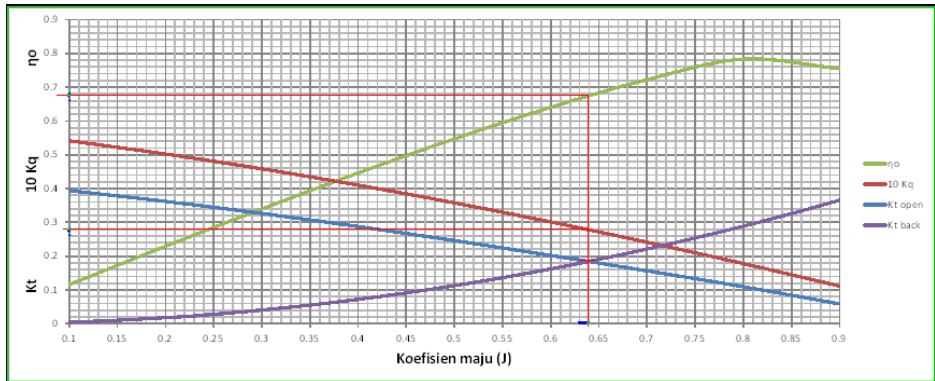
- 10) Interseksi antara kurva $K_{t_{Hull}}$ vs J dengan kurva $K_{t_{Prop}}$ vs J pada $V_s = 10$ knot dan rasio $P/D = 0.9$



Hasil interseksi:

$$\begin{aligned} J &= 0.614715 \\ Kq &= 0.024625 \\ \eta_o &= 0.678375 \end{aligned}$$

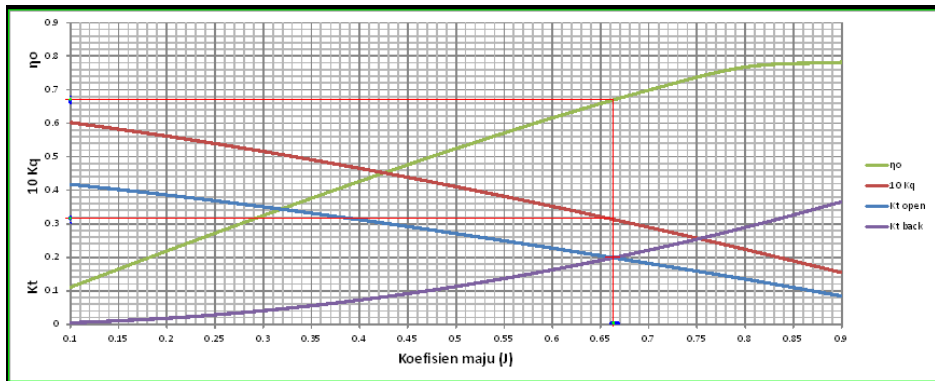
- 11) Interseksi antara kurva $K_{t_{Hull}}$ vs J dengan kurva $K_{t_{Prop}}$ vs J pada
 $V_s = 10$ knot dan rasio $P/D = 0.95$



Hasil interseksi:

$$\begin{aligned} J &= 0.6392 \\ K_q &= 0.027861 \\ \eta_o &= 0.674625 \end{aligned}$$

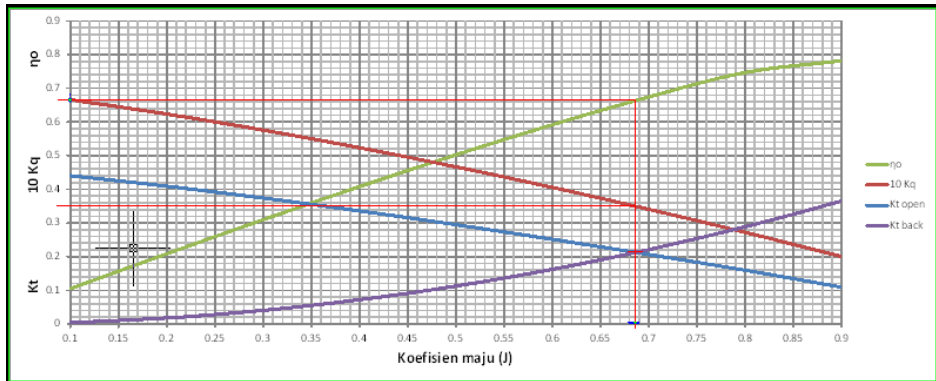
- 12) Interseksi antara kurva $K_{t_{Hull}}$ vs J dengan kurva $K_{t_{Prop}}$ vs J pada
 $V_s = 10$ knot dan rasio $P/D = 1$



Hasil interseksi:

$$\begin{aligned} J &= 0.663037 \\ K_q &= 0.031303 \\ \eta_o &= 0.66969 \end{aligned}$$

- 13) Interseksi antara kurva $K_{t_{Hull}}$ vs J dengan kurva $K_{t_{Prop}}$ vs J pada
 $V_s = 10$ knot dan rasio $P/D = 1.05$



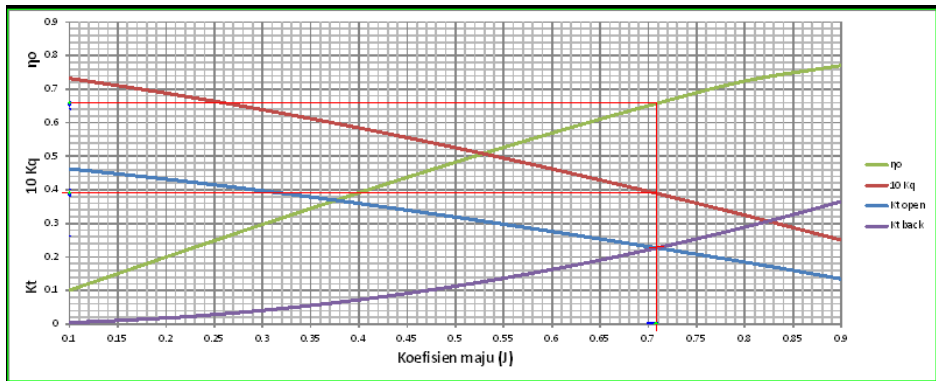
Hasil interseksi:

$$J = 0.686275$$

$$K_q = 0.035$$

$$\eta_o = 0.66398$$

- 14) Interseksi antara kurva $K_{t_{Hull}}$ vs J dengan kurva $K_{t_{Prop}}$ vs J pada
 $V_s = 10$ knot dan rasio $P/D = 1.1$



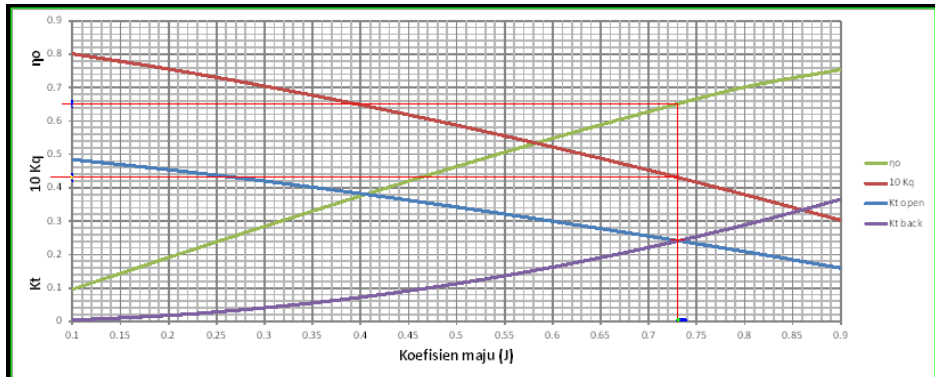
Hasil interseksi:

$$J = 0.70884$$

$$K_q = 0.038929$$

$$\eta_o = 0.65792$$

- 15) Interseksi antara kurva $K_{t_{Hull}}$ vs J dengan kurva $K_{t_{Prop}}$ vs J pada $V_s = 10$ knot dan rasio $P/D = 1.15$



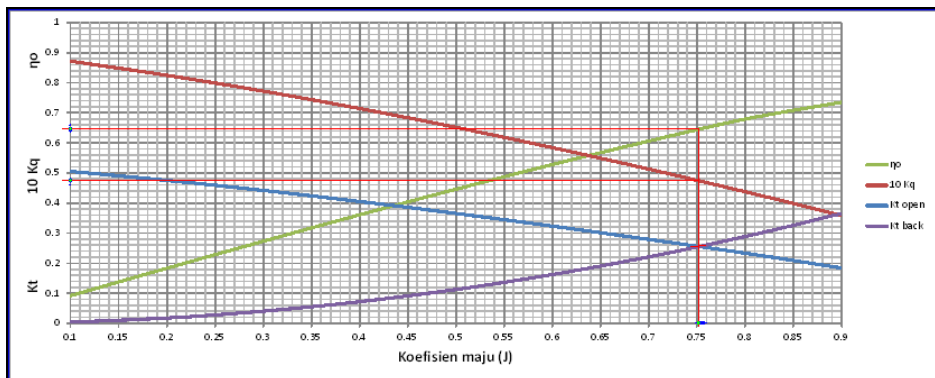
Hasil interseksi:

$$J = 0.731074$$

$$Kq = 0.04307$$

$$\eta_p = 0.652$$

- 16) Interseksi antara kurva $K_{t_{Hull}}$ vs J dengan kurva $K_{t_{Prop}}$ vs J pada $V_s = 10$ knot dan rasio $P/D = 1.2$



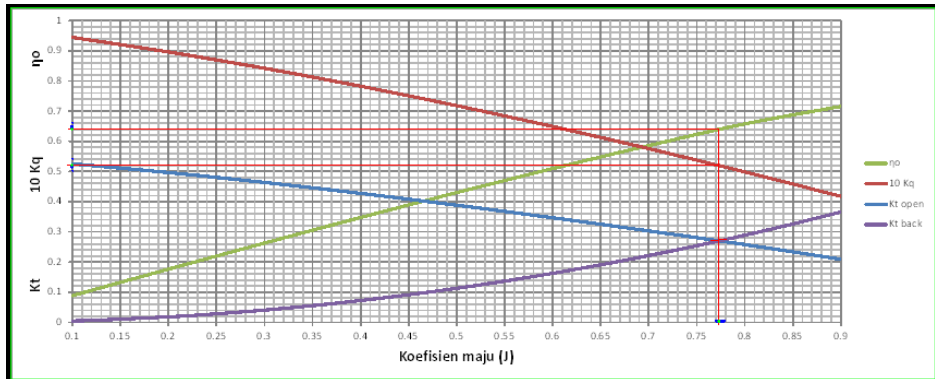
Hasil interseksi:

$$J = 0.752498$$

$$Kq = 0.04741$$

$$\eta_p = 0.6462$$

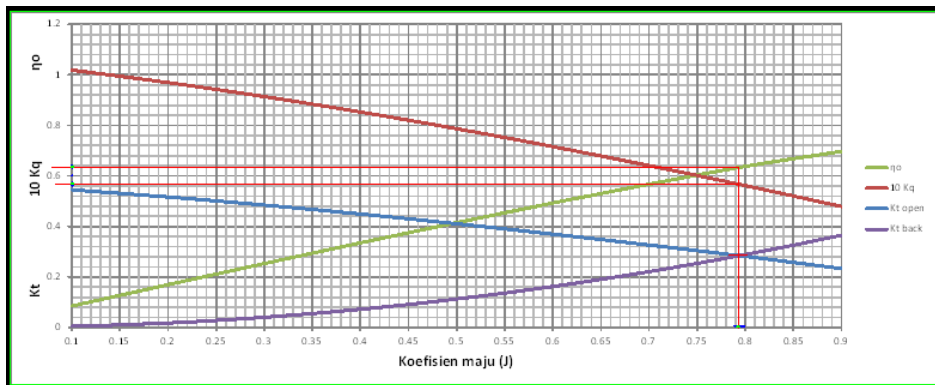
- 17) Interseksi antara kurva K_{tHull} vs J dengan kurva K_{tProp} vs J pada $V_s = 10$ knot dan rasio $P/D = 1.25$



Hasil interseksi:

$J = 0.7734$
 $Kq = 0.051968$
 $\eta_o = 0.64025$

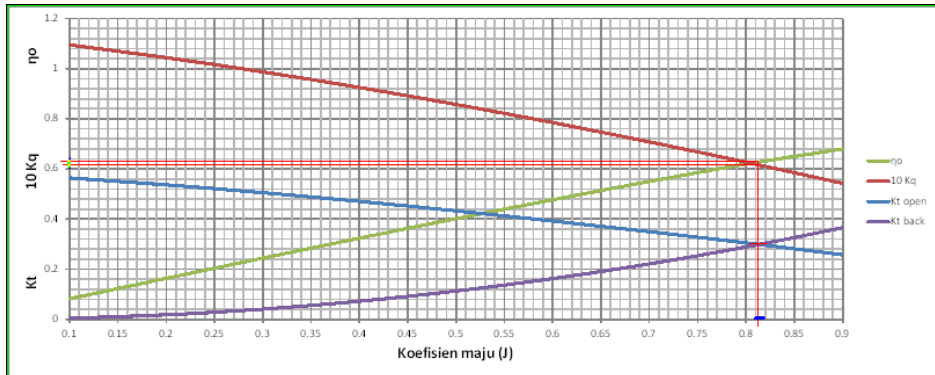
- 18) Interseksi antara kurva K_{tHull} vs J dengan kurva K_{tProp} vs J pada $V_s = 10$ knot dan rasio $P/D = 1.3$



Hasil interseksi:

$J = 0.793715$
 $Kq = 0.05673$
 $\eta_o = 0.63416$

- 19) Interseksi antara kurva $K_{t_{Hull}}$ vs J dengan kurva $K_{t_{Prop}}$ vs J pada $V_s = 10$ knot dan rasio $P/D = 1.35$



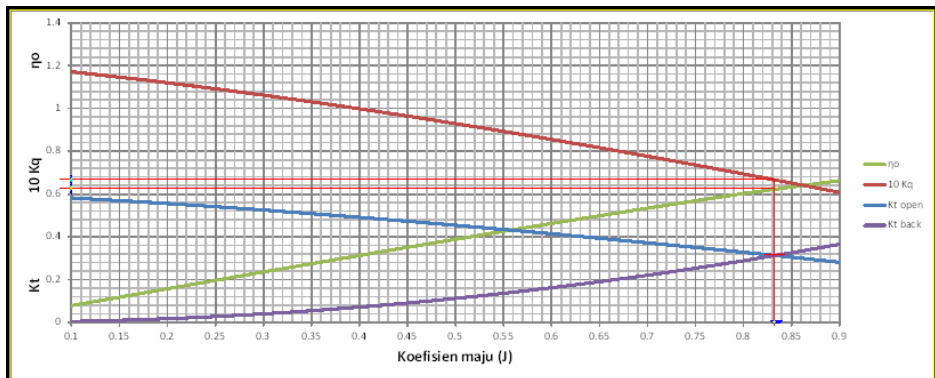
Hasil interseksi:

$$J = 0.8135$$

$$K_q = 0.061586$$

$$\eta_o = 0.628175$$

- 20) Interseksi antara kurva $K_{t_{Hull}}$ vs J dengan kurva $K_{t_{Prop}}$ vs J pada $V_s = 10$ knot dan rasio $P/D = 1.4$



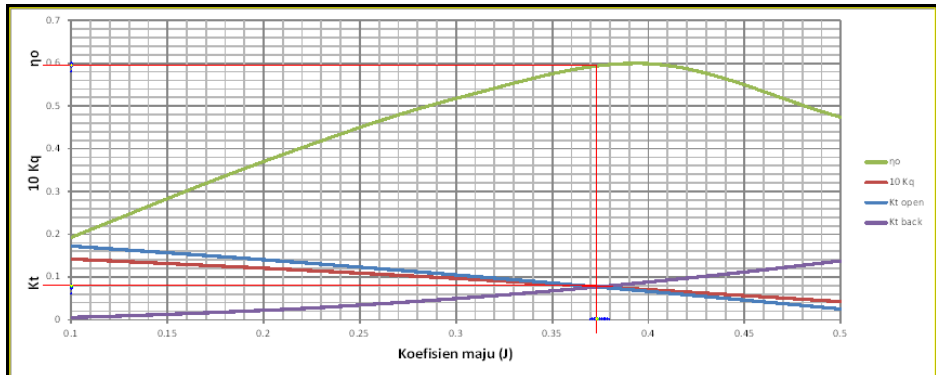
Hasil interseksi:

$$J = 0.83286$$

$$K_q = 0.066612$$

$$\eta_o = 0.622785$$

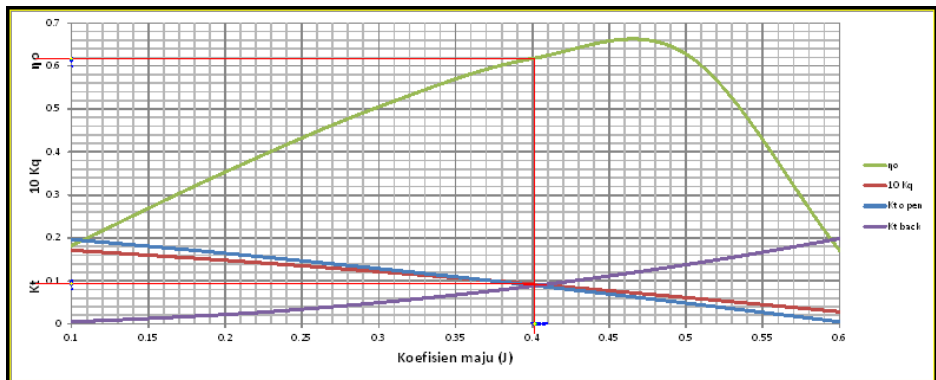
- 21) Interseksi antara kurva K_{tHull} vs J dengan kurva K_{tProp} vs J pada $V_s = 18$ knot dan rasio $P/D = 0.5$



Hasil interseksi:

$$\begin{aligned} J &= 0.373401 \\ Kq &= 0.007796 \\ \eta_o &= 0.59367 \end{aligned}$$

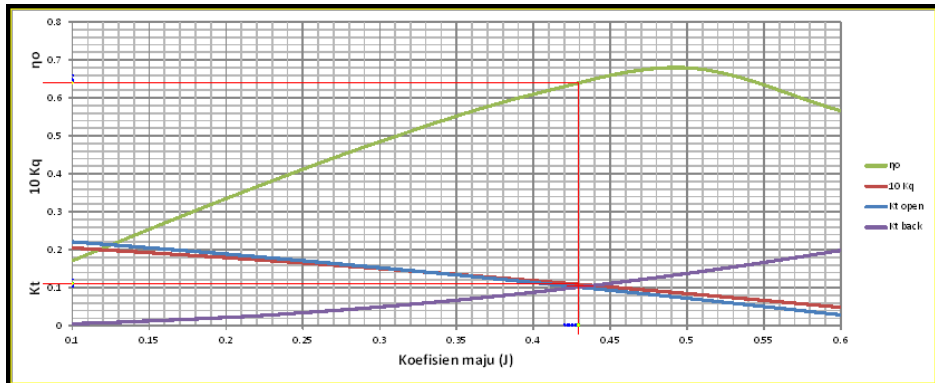
- 22) Interseksi antara kurva K_{tHull} vs J dengan kurva K_{tProp} vs J pada $V_s = 18$ knot dan rasio $P/D = 0.55$



Hasil interseksi:

$$\begin{aligned} J &= 0.402097 \\ Kq &= 0.009231 \\ \eta_o &= 0.61884 \end{aligned}$$

- 23) Interseksi antara kurva $K_{t_{Hull}}$ vs J dengan kurva $K_{t_{Prop}}$ vs J pada $V_s = 18$ knot dan rasio $P/D = 0.6$



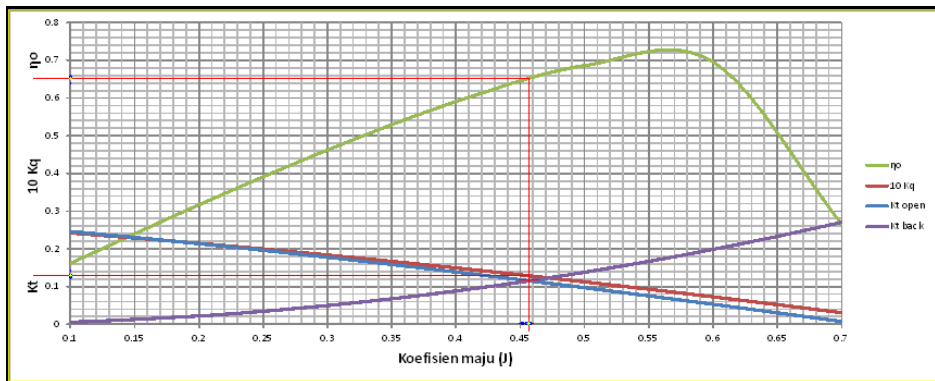
Hasil interseksi:

$$J = 0.429795$$

$$K_q = 0.010921$$

$$\eta_p = 0.64007$$

- 24) Interseksi antara kurva $K_{t_{Hull}}$ vs J dengan kurva $K_{t_{Prop}}$ vs J pada $V_s = 18$ knot dan rasio $P/D = 0.65$



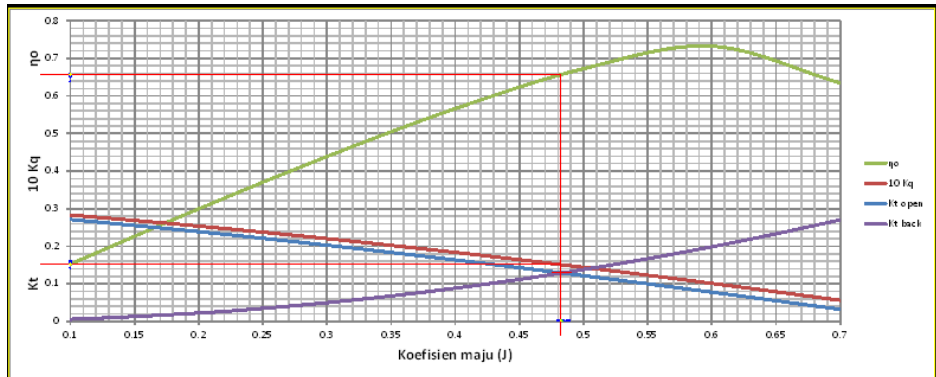
Hasil interseksi:

$$J = 0.456918$$

$$K_q = 0.012878$$

$$\eta_p = 0.65271$$

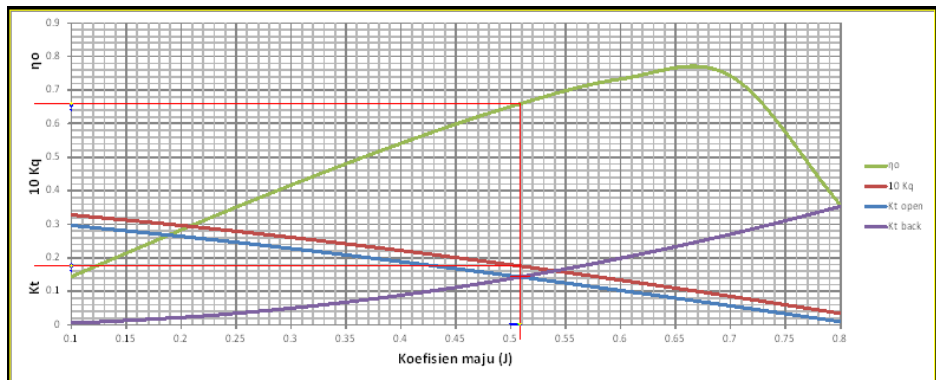
- 25) Interseksi antara kurva K_{tHull} vs J dengan kurva K_{tProp} vs J pada $V_s = 18$ knot dan rasio $P/D = 0.7$



Hasil interseksi:

$J = 0.483108$
 $K_q = 0.015085$
 $\eta_o = 0.65763$

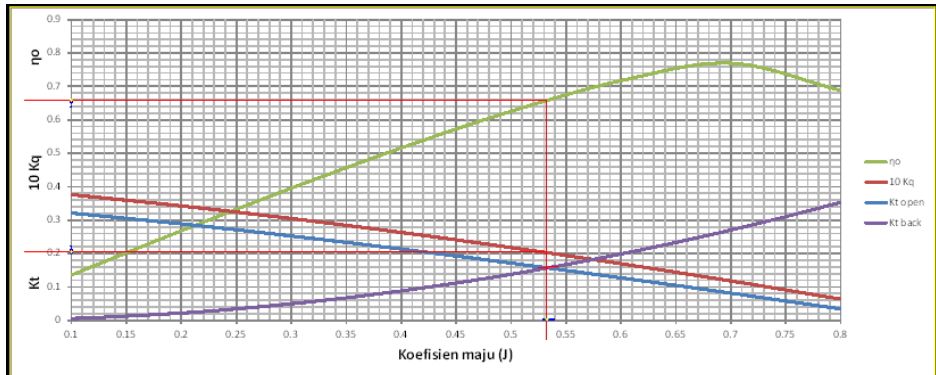
- 26) Interseksi antara kurva K_{tHull} vs J dengan kurva K_{tProp} vs J pada $V_s = 18$ knot dan rasio $P/D = 0.75$



Hasil interseksi:

$J = 0.508607$
 $K_q = 0.017558$
 $\eta_o = 0.65938$

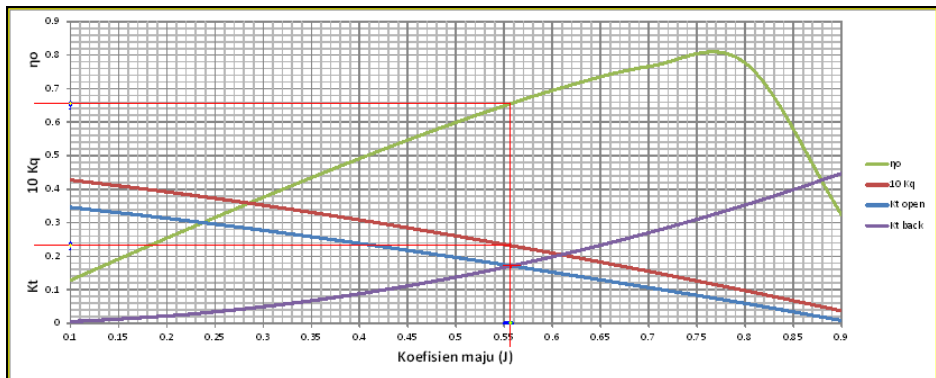
- 27) Interseksi antara kurva $K_{t_{Hull}}$ vs J dengan kurva $K_{t_{Prop}}$ vs J pada $V_s = 18$ knot dan rasio $P/D = 0.8$



Hasil interseksi:

$$\begin{aligned} J &= 0.533333 \\ Kq &= 0.020248 \\ \eta_p &= 0.65908 \end{aligned}$$

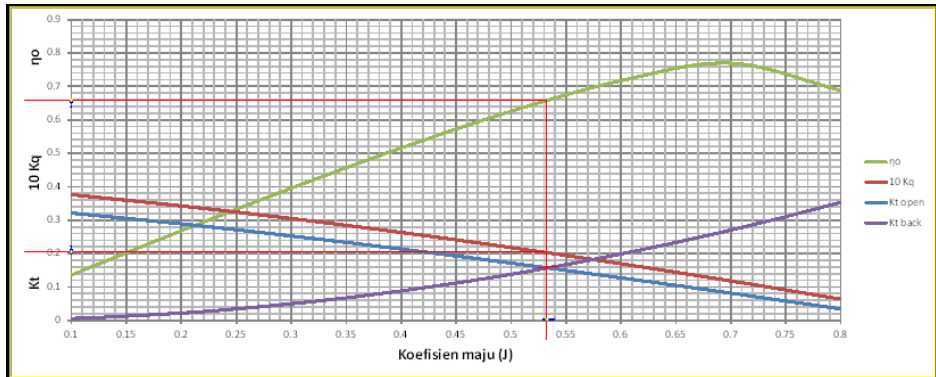
- 28) Interseksi antara kurva $K_{t_{Hull}}$ vs J dengan kurva $K_{t_{Prop}}$ vs J pada $V_s = 18$ knot dan rasio $P/D = 0.85$



Hasil interseksi:

$$\begin{aligned} J &= 0.557474 \\ Kq &= 0.023203 \\ \eta_p &= 0.65643 \end{aligned}$$

- 29) Interseksi antara kurva $K_{t_{Hull}}$ vs J dengan kurva $K_{t_{Prop}}$ vs J pada
 $V_s = 18$ knot dan rasio $P/D = 0.852$



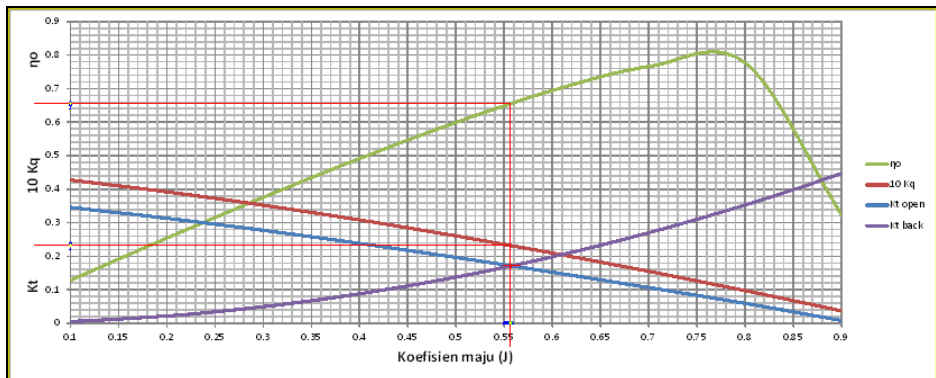
Hasil interseksi:

$$J = 0.558446$$

$$Kq = 0.023315$$

$$\eta_o = 0.65644$$

- 30) Interseksi antara kurva $K_{t_{Hull}}$ vs J dengan kurva $K_{t_{Prop}}$ vs J pada
 $V_s = 18$ knot dan rasio $P/D = 0.9$



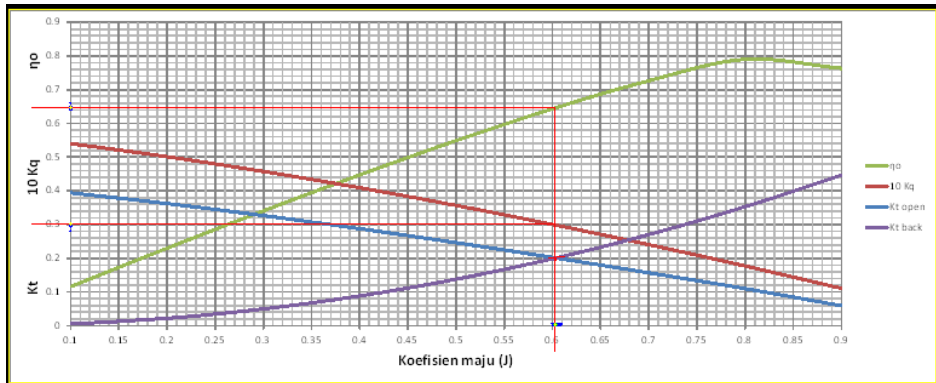
Hasil interseksi:

$$J = 0.580786$$

$$Kq = 0.026396$$

$$\eta_o = 0.65213$$

- 31) Interseksi antara kurva $K_{t_{Hull}}$ vs J dengan kurva $K_{t_{Prop}}$ vs J pada $V_s = 18$ knot dan rasio $P/D = 0.95$



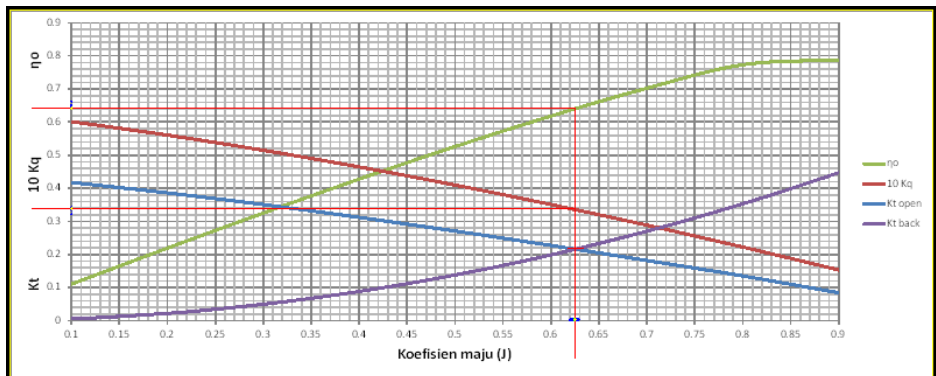
Hasil interseksi:

$$J = 0.603473$$

$$Kq = 0.029874$$

$$\eta_o = 0.64673$$

- 32) Interseksi antara kurva $K_{t_{Hull}}$ vs J dengan kurva $K_{t_{Prop}}$ vs J pada $V_s = 18$ knot dan rasio $P/D = 1$



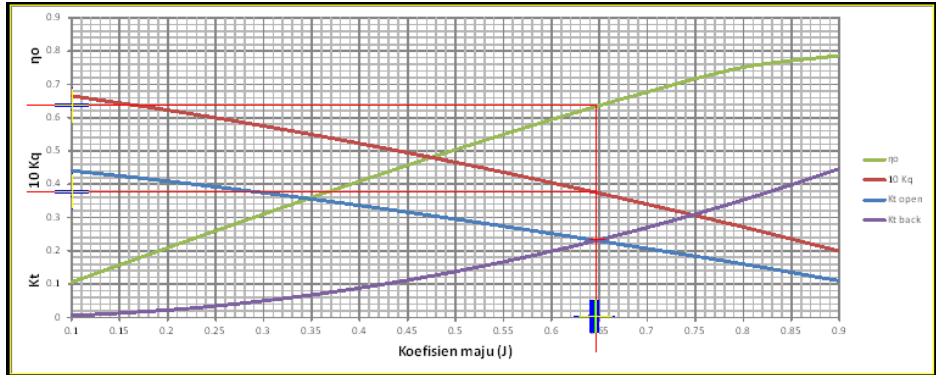
Hasil interseksi:

$$J = 0.625475$$

$$Kq = 0.033571$$

$$\eta_o = 0.64054$$

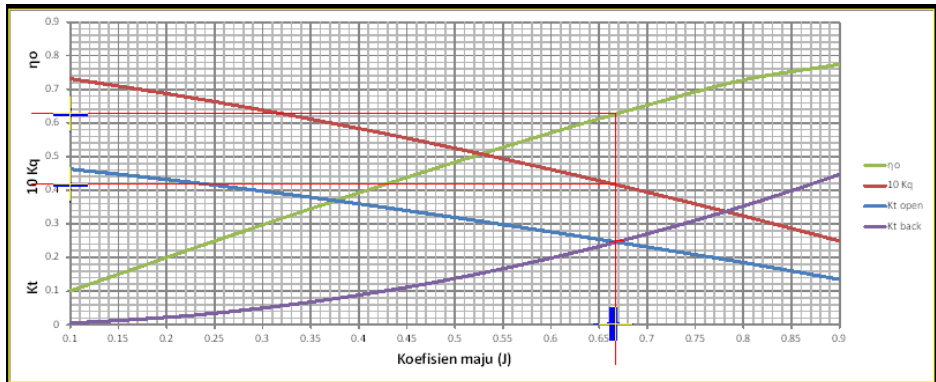
- 33) Interseksi antara kurva K_{tHull} vs J dengan kurva K_{tProp} vs J pada $V_s = 18$ knot dan rasio $P/D = 1.05$



Hasil interseksi:

$$\begin{aligned} J &= 0.646862 \\ Kq &= 0.037504 \\ \eta_o &= 0.63409 \end{aligned}$$

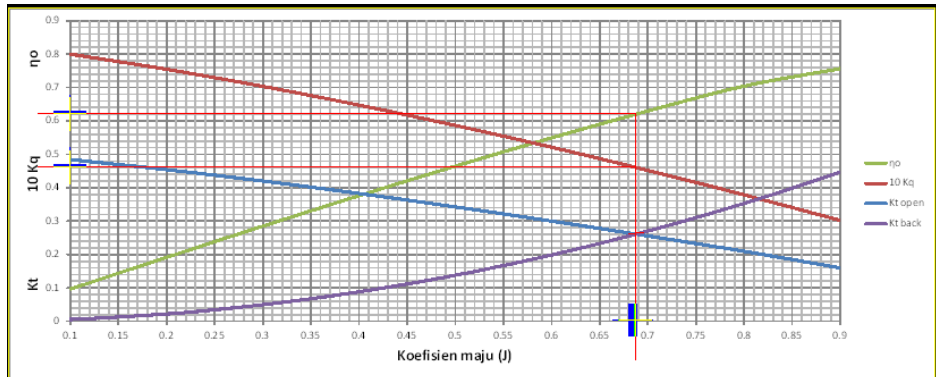
- 34) Interseksi antara kurva K_{tHull} vs J dengan kurva K_{tProp} vs J pada $V_s = 18$ knot dan rasio $P/D = 1.1$



Hasil interseksi:

$$\begin{aligned} J &= 0.667572 \\ Kq &= 0.041713 \\ \eta_o &= 0.62728 \end{aligned}$$

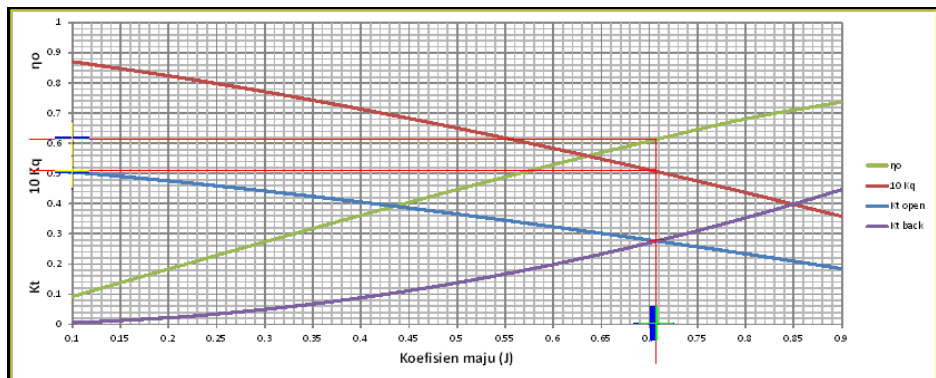
- 35) Interseksi antara kurva $K_{t_{Hull}}$ vs J dengan kurva $K_{t_{Prop}}$ vs J pada $V_s = 18$ knot dan rasio $P/D = 1.15$



Hasil interseksi:

$$\begin{aligned} J &= 0.68779 \\ Kq &= 0.046052 \\ \eta_o &= 0.6205 \end{aligned}$$

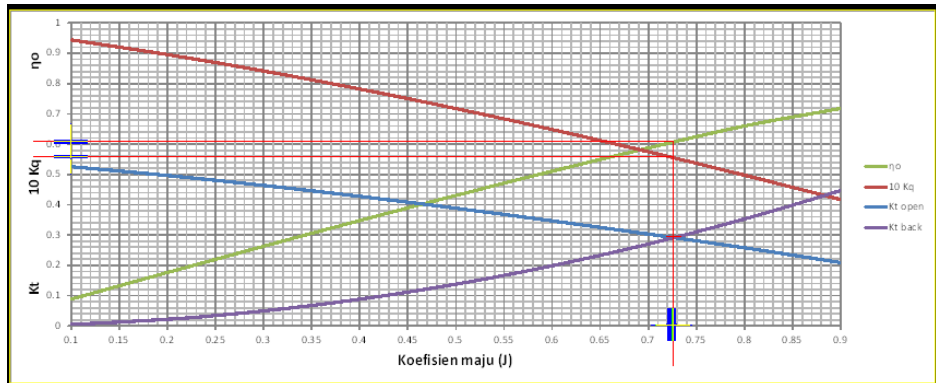
- 36) Interseksi antara kurva $K_{t_{Hull}}$ vs J dengan kurva $K_{t_{Prop}}$ vs J pada $V_s = 18$ knot dan rasio $P/D = 1.2$



Hasil interseksi:

$$\begin{aligned} J &= 0.7074 \\ Kq &= 0.050691 \\ \eta_o &= 0.61346 \end{aligned}$$

- 37) Interseksi antara kurva $K_{t_{Hull}}$ vs J dengan kurva $K_{t_{Prop}}$ vs J pada
 $V_s = 18$ knot dan rasio $P/D = 1.25$



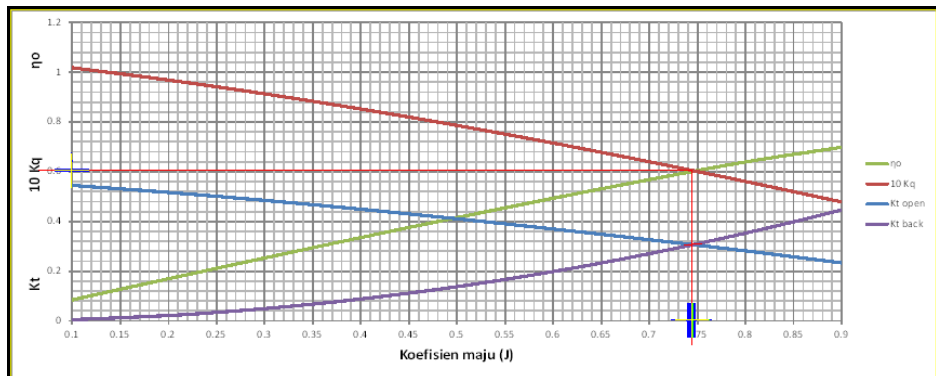
Hasil interseksi:

$$J = 0.726672$$

$$K_q = 0.055477$$

$$\eta_o = 0.60727$$

- 38) Interseksi antara kurva $K_{t_{Hull}}$ vs J dengan kurva $K_{t_{Prop}}$ vs J pada
 $V_s = 18$ knot dan rasio $P/D = 1.3$



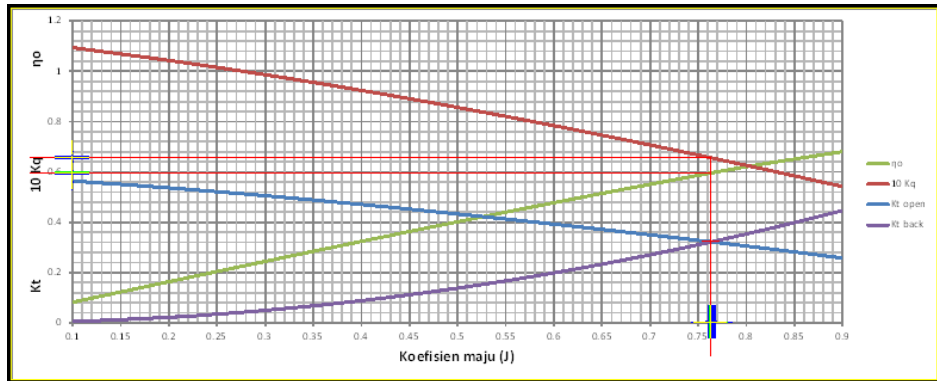
Hasil interseksi:

$$J = 0.745381$$

$$K_q = 0.060466$$

$$\eta_o = 0.60201$$

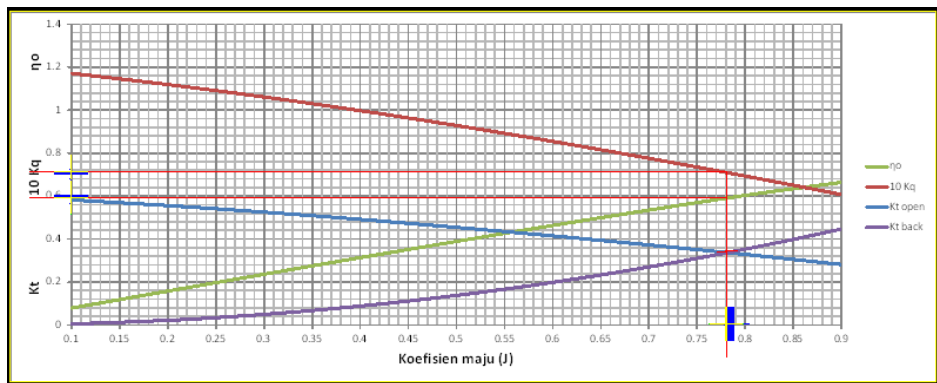
- 39) Interseksi antara kurva $K_{t_{Hull}}$ vs J dengan kurva $K_{t_{Prop}}$ vs J pada
 $V_s = 18$ knot dan rasio $P/D = 1.35$



Hasil interseksi:

$$\begin{aligned} J &= 0.7636 \\ Kq &= 0.065625 \\ \eta_0 &= 0.59612 \end{aligned}$$

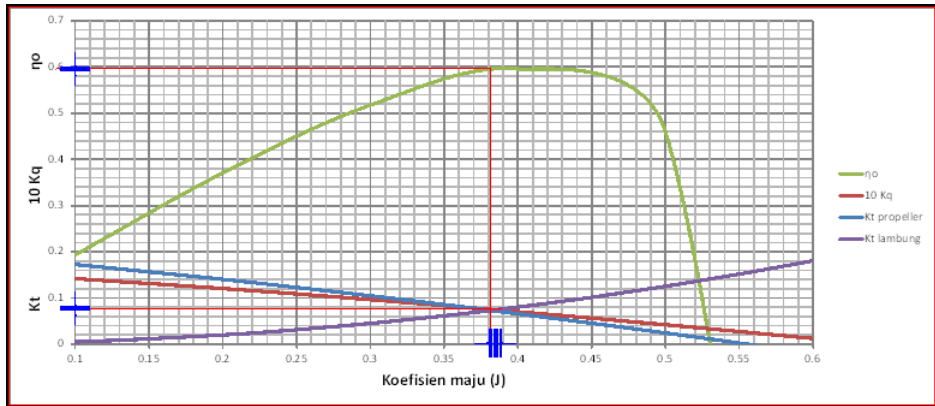
- 40) Interseksi antara kurva $K_{t_{Hull}}$ vs J dengan kurva $K_{t_{Prop}}$ vs J pada
 $V_s = 18$ knot dan rasio $P/D = 1.4$



Hasil interseksi:

$$\begin{aligned} J &= 0.781457 \\ Kq &= 0.070879 \\ \eta_0 &= 0.59161 \end{aligned}$$

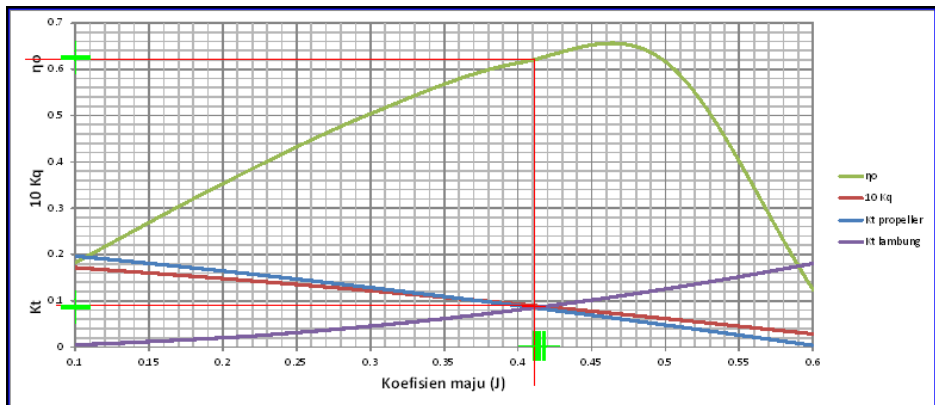
- 41) Interseksi antara kurva K_{tHull} vs J dengan kurva K_{tProp} vs J pada $V_s = 22$ knot dan rasio $P/D = 0.5$



Hasil interseksi:

$J = 0.3817$
 $K_q = 0.007425$
 $\eta_o = 0.59575$

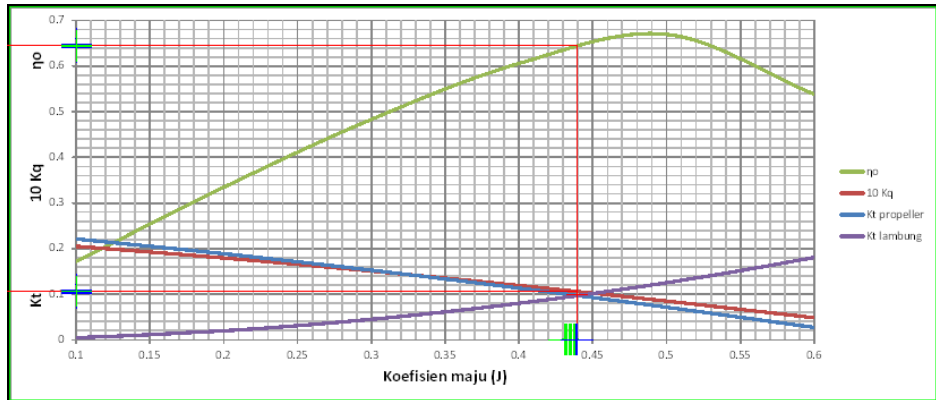
- 42) Interseksi antara kurva K_{tHull} vs J dengan kurva K_{tProp} vs J pada $V_s = 22$ knot dan rasio $P/D = 0.55$



Hasil interseksi:

$J = 0.41125$
 $K_q = 0.008865$
 $\eta_o = 0.6215$

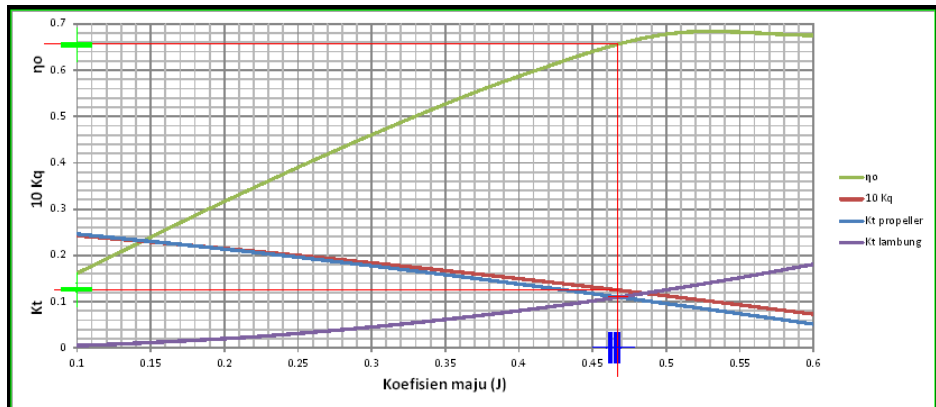
- 43) Interseksi antara kurva $K_{t_{Hull}}$ vs J dengan kurva $K_{t_{Prop}}$ vs J pada $V_s = 22$ knot dan rasio $P/D = 0.6$



Hasil interseksi:

$J = 0.43991$
 $Kq = 0.010593$
 $\eta_o = 0.64491$

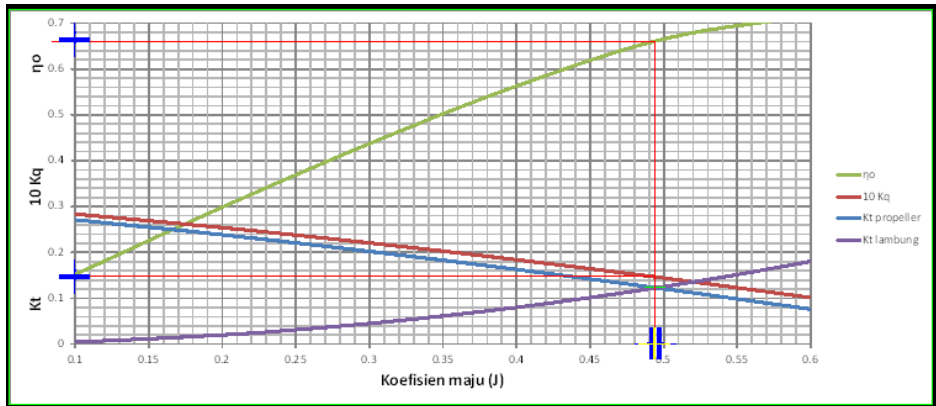
- 44) Interseksi antara kurva $K_{t_{Hull}}$ vs J dengan kurva $K_{t_{Prop}}$ vs J pada $V_s = 22$ knot dan rasio $P/D = 0.65$



Hasil interseksi:

$J = 0.46775$
 $Kq = 0.0125$
 $\eta_o = 0.6565$

- 45) Interseksi antara kurva $K_{t_{Hull}}$ vs J dengan kurva $K_{t_{Prop}}$ vs J pada $V_s = 22$ knot dan rasio $P/D = 0.7$



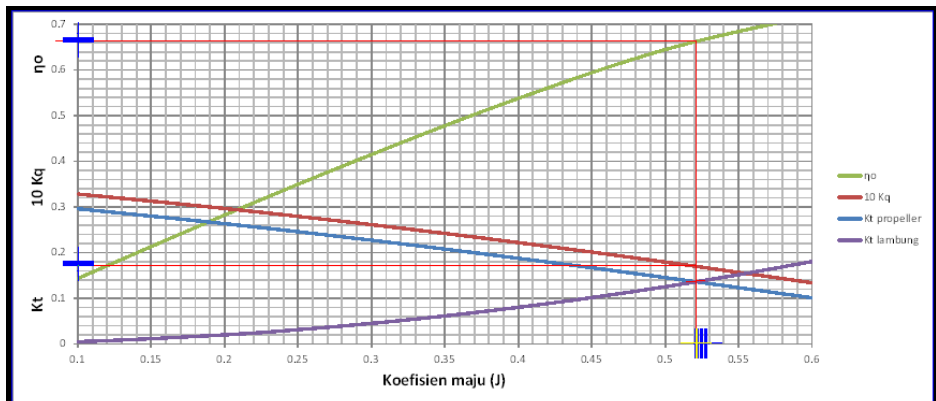
Hasil interseksi:

$$J = 0.49484$$

$$Kq = 0.01465$$

$$\eta_o = 0.66165$$

- 46) Interseksi antara kurva $K_{t_{Hull}}$ vs J dengan kurva $K_{t_{Prop}}$ vs J pada $V_s = 22$ knot dan rasio $P/D = 0.75$



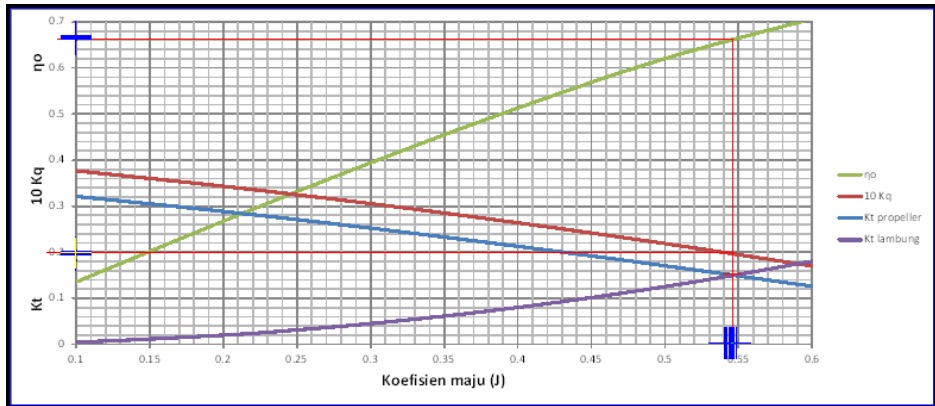
Hasil interseksi:

$$J = 0.52119$$

$$Kq = 0.01703$$

$$\eta_o = 0.6630$$

- 47) Interseksi antara kurva $K_{t_{Hull}}$ vs J dengan kurva $K_{t_{Prop}}$ vs J pada $V_s = 22$ knot dan rasio $P/D = 0.8$



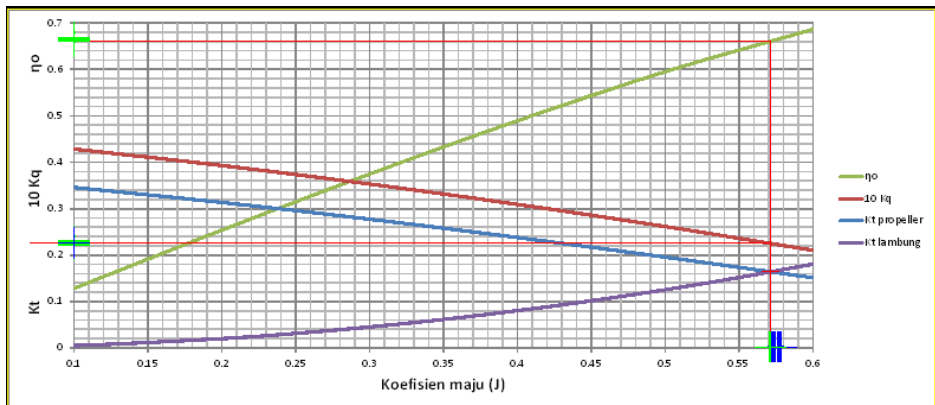
Hasil interseksi:

$$J = 0.54675$$

$$K_q = 0.01966$$

$$\eta_o = 0.6626$$

- 48) Interseksi antara kurva $K_{t_{Hull}}$ vs J dengan kurva $K_{t_{Prop}}$ vs J pada $V_s = 22$ knot dan rasio $P/D = 0.85$



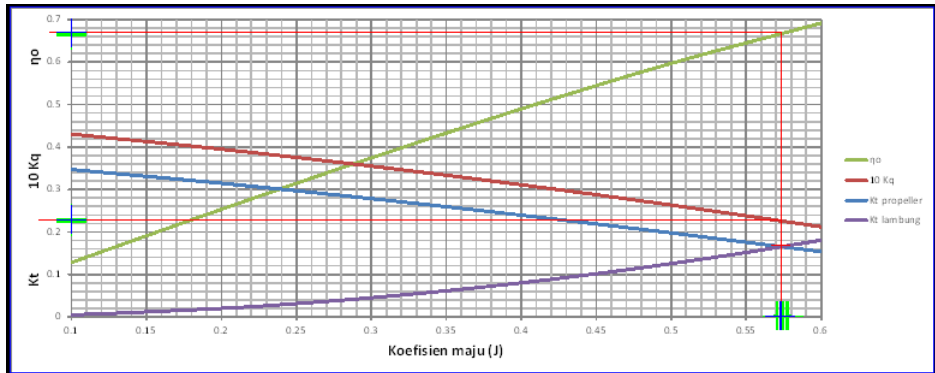
Hasil interseksi:

$$J = 0.57146$$

$$K_q = 0.02254$$

$$\eta_o = 0.6607$$

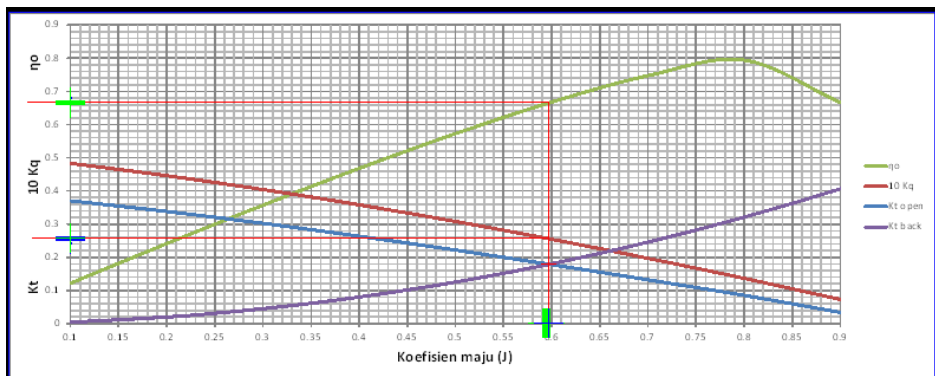
- 49) Interseksi antara kurva $K_{t_{Hull}}$ vs J dengan kurva $K_{t_{Prop}}$ vs J pada
 $V_s = 22$ knot dan rasio $P/D = 0.852$



Hasil interseksi:

$J = 0.57382$
 $Kq = 0.022608$
 $\eta_o = 0.668$

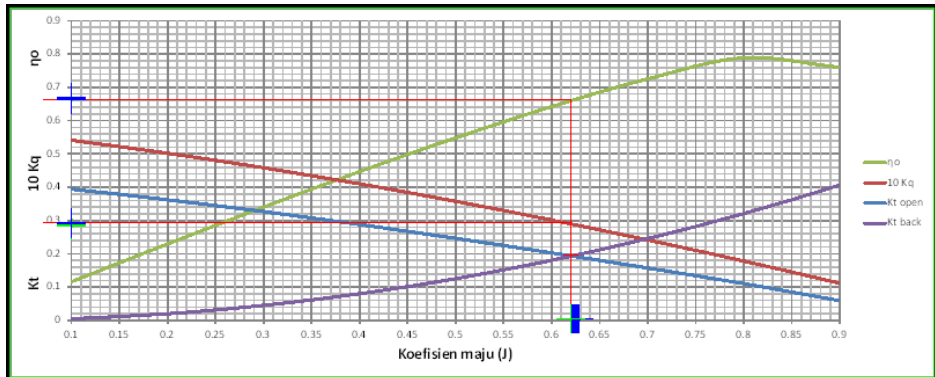
- 50) Interseksi antara kurva $K_{t_{Hull}}$ vs J dengan kurva $K_{t_{Prop}}$ vs J pada
 $V_s = 22$ knot dan rasio $P/D = 0.9$



Hasil interseksi:

$J = 0.59736$
 $Kq = 0.02558$
 $\eta_o = 0.6658$

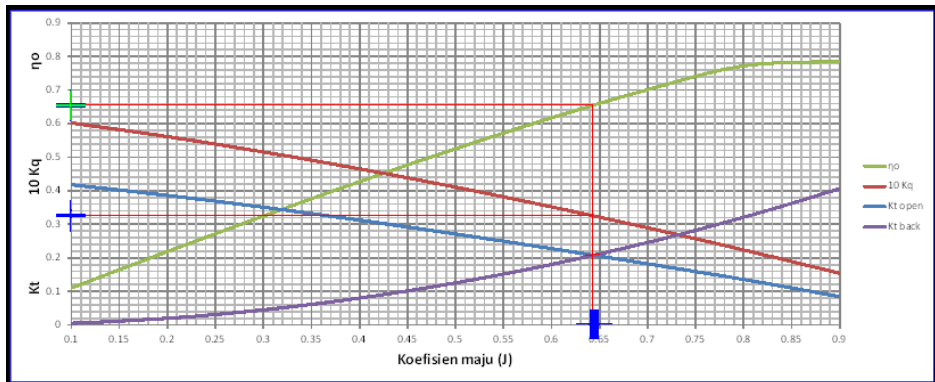
- 51) Interseksi antara kurva K_{tHull} vs J dengan kurva K_{tProp} vs J pada $V_s = 22$ knot dan rasio $P/D = 0.95$



Hasil interseksi:

$$\begin{aligned} J &= 0.62085 \\ K_q &= 0.028965 \\ \eta_o &= 0.66075 \end{aligned}$$

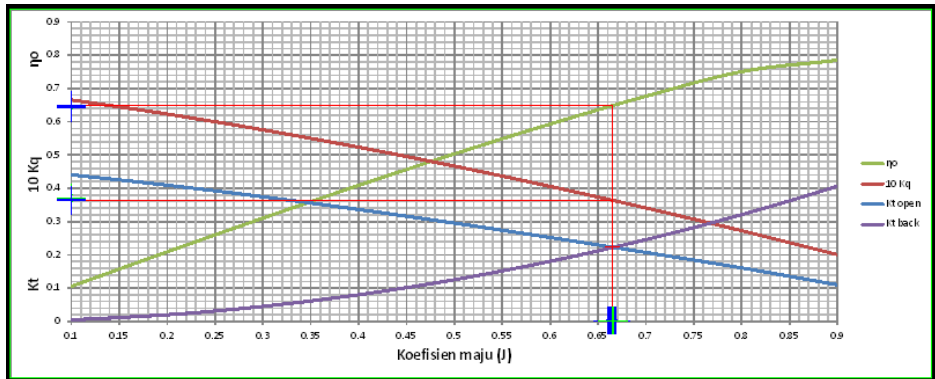
- 52) Interseksi antara kurva K_{tHull} vs J dengan kurva K_{tProp} vs J pada $V_s = 22$ knot dan rasio $P/D = 1$



Hasil interseksi:

$$\begin{aligned} J &= 0.64385 \\ K_q &= 0.032525 \\ \eta_o &= 0.65572 \end{aligned}$$

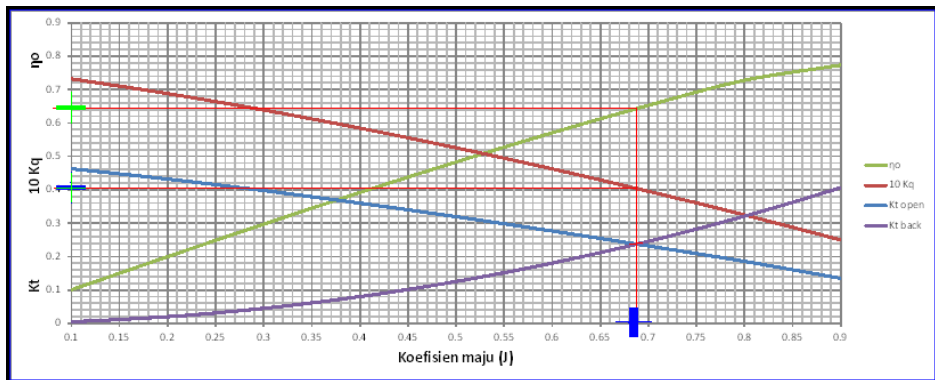
- 53) Interseksi antara kurva K_{tHull} vs J dengan kurva K_{tProp} vs J pada $V_s = 22$ knot dan rasio $P/D = 1.05$



Hasil interseksi:

$J = 0.66605$
 $K_q = 0.036355$
 $\eta_o = 0.6495$

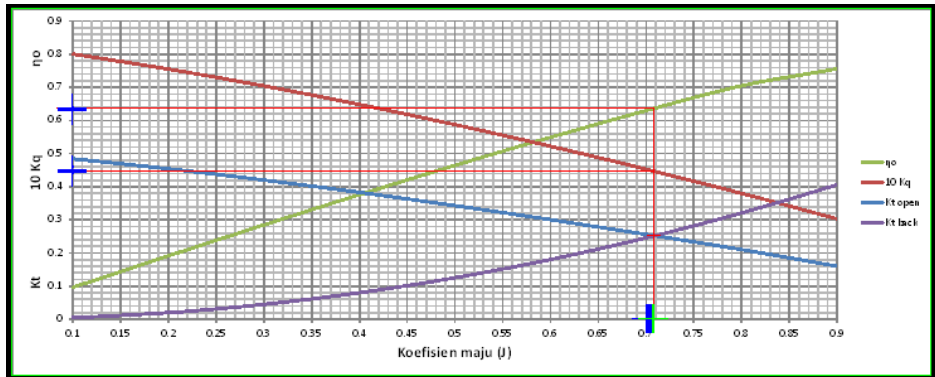
- 54) Interseksi antara kurva K_{tHull} vs J dengan kurva K_{tProp} vs J pada $V_s = 22$ knot dan rasio $P/D = 1.1$



Hasil interseksi:

$J = 0.68775$
 $K_q = 0.040414$
 $\eta_o = 0.6435$

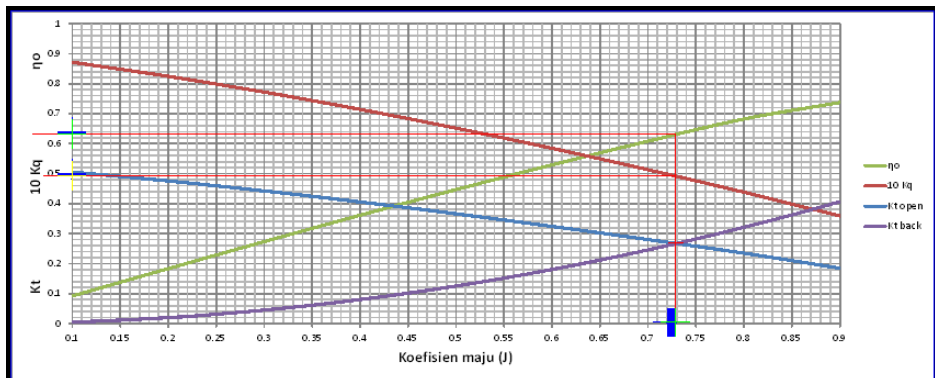
- 55) Interseksi antara kurva K_{tHull} vs J dengan kurva K_{tProp} vs J pada $V_s = 22$ knot dan rasio $P/D = 1.15$



Hasil interseksi:

$$\begin{aligned} J &= 0.70895 \\ K_q &= 0.044675 \\ \eta_o &= 0.6373 \end{aligned}$$

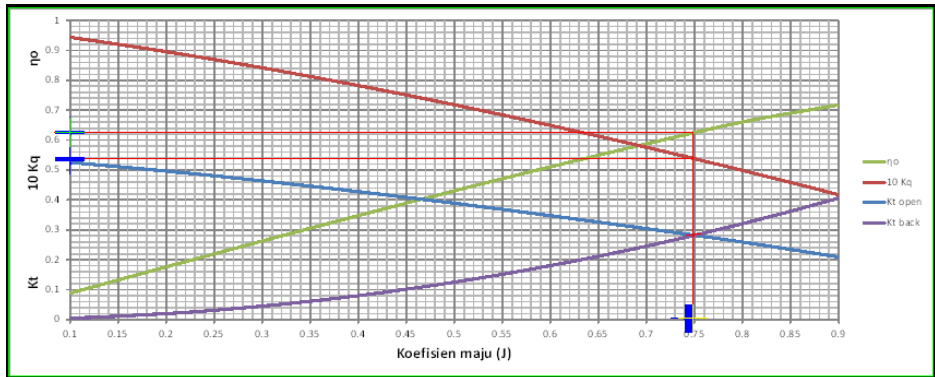
- 56) Interseksi antara kurva K_{tHull} vs J dengan kurva K_{tProp} vs J pada $V_s = 22$ knot dan rasio $P/D = 1.2$



Hasil interseksi:

$$\begin{aligned} J &= 0.72965 \\ K_q &= 0.049187 \\ \eta_o &= 0.63174 \end{aligned}$$

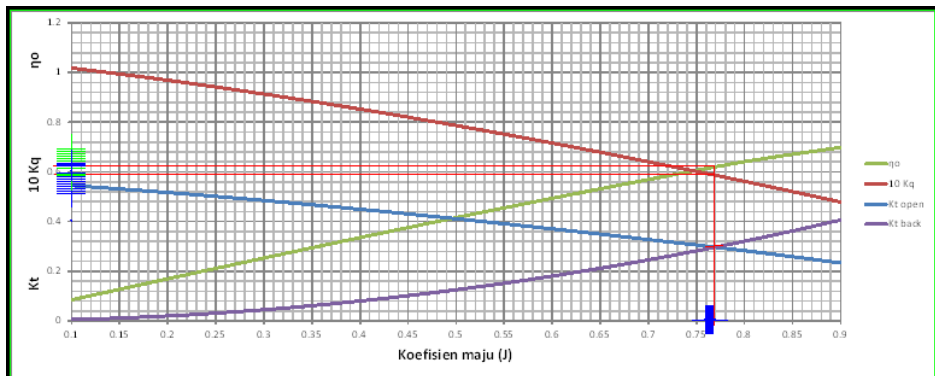
- 57) Interseksi antara kurva $K_{t_{Hull}}$ vs J dengan kurva $K_{t_{Prop}}$ vs J pada $V_s = 22$ knot dan rasio $P/D = 1.25$



Hasil interseksi:

$$\begin{aligned} J &= 0.7499 \\ K_q &= 0.05383 \\ \eta_o &= 0.62564 \end{aligned}$$

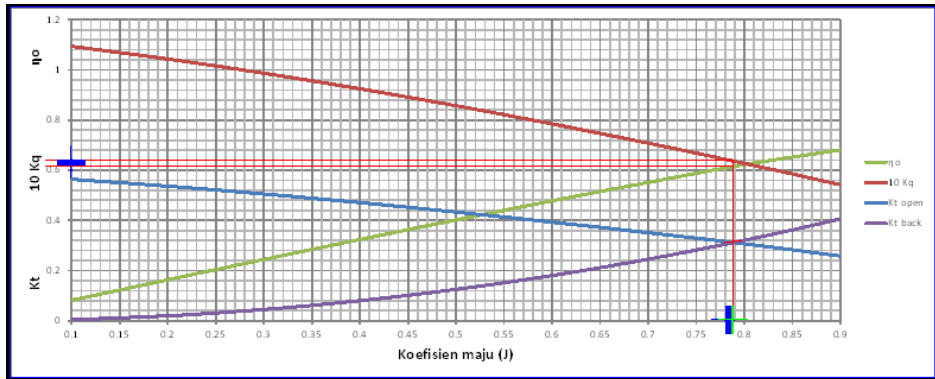
- 58) Interseksi antara kurva $K_{t_{Hull}}$ vs J dengan kurva $K_{t_{Prop}}$ vs J pada $V_s = 22$ knot dan rasio $P/D = 1.3$



Hasil interseksi:

$$\begin{aligned} J &= 0.7695 \\ K_q &= 0.05867 \\ \eta_o &= 0.6205 \end{aligned}$$

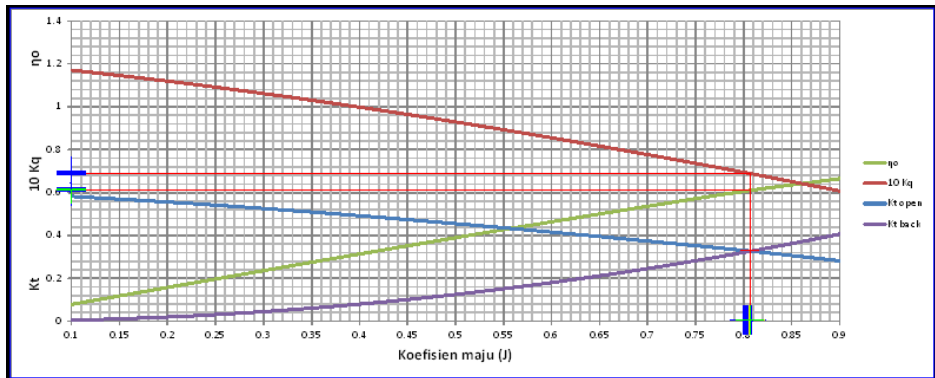
- 59) Interseksi antara kurva $K_{t_{Hull}}$ vs J dengan kurva $K_{t_{Prop}}$ vs J pada $V_s = 22$ knot dan rasio $P/D = 1.35$



Hasil interseksi:

$$\begin{aligned} J &= 0.78865 \\ K_q &= 0.06374 \\ \eta_o &= 0.6153 \end{aligned}$$

- 60) Interseksi antara kurva $K_{t_{Hull}}$ vs J dengan kurva $K_{t_{Prop}}$ vs J pada $V_s = 22$ knot dan rasio $P/D = 1.4$

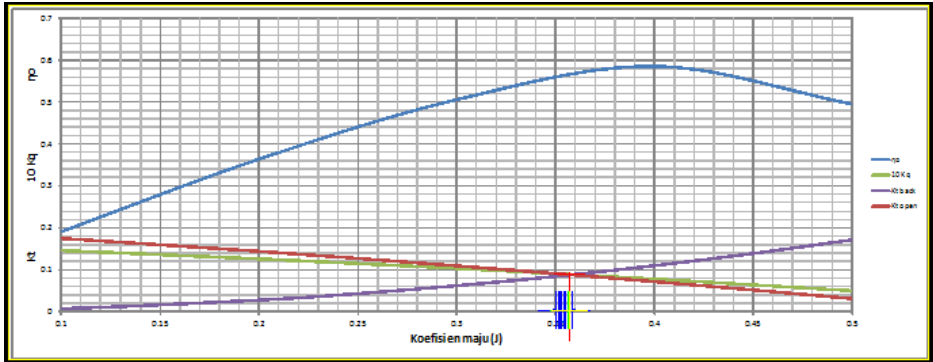


Hasil interseksi:

$$\begin{aligned} J &= 0.80733 \\ K_q &= 0.06887 \\ \eta_o &= 0.61111 \end{aligned}$$

LAMPIRAN D
PENENTUAN HARGA-HARGA J , K_q , dan η_o pada BERBAGAI
 V_s dan RASIO P/D untuk SISTEM PROPULSI *HYBRID*

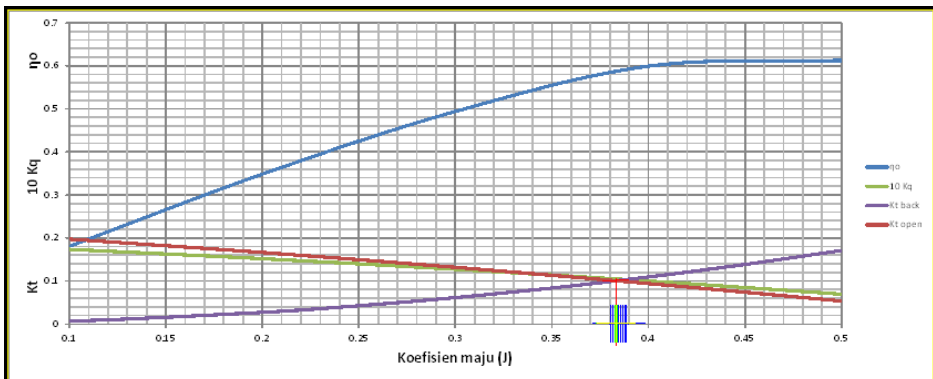
- 1) Interseksi antara kurva $K_{t_{Hull}}$ vs J dengan kurva $K_{t_{Prop}}$ vs J pada
 $V_s = 5$ knot dan rasio $P/D = 0.5$



Hasil interseksi:

$J = 0.35789$
 $K_q = 0.0088613$
 $\eta_o = 0.56356$

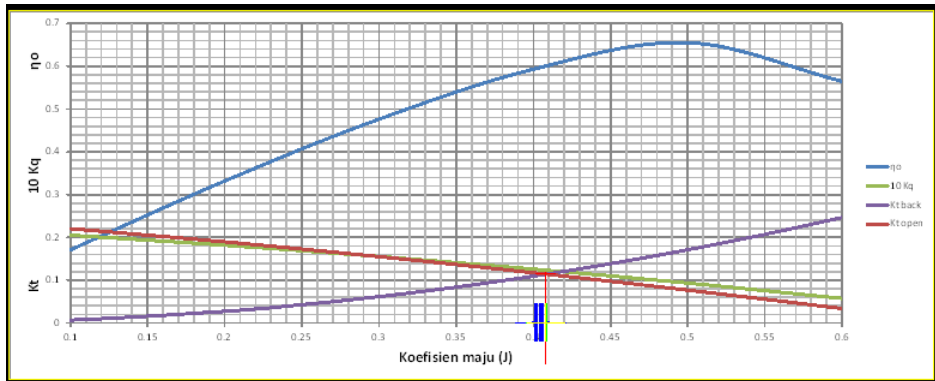
- 2) Interseksi antara kurva $K_{t_{Hull}}$ vs J dengan kurva $K_{t_{Prop}}$ vs J pada
 $V_s = 5$ knot dan rasio $P/D = 0.55$



Hasil interseksi:

$J = 0.383385$
 $K_q = 0.010483$
 $\eta_o = 0.58600$

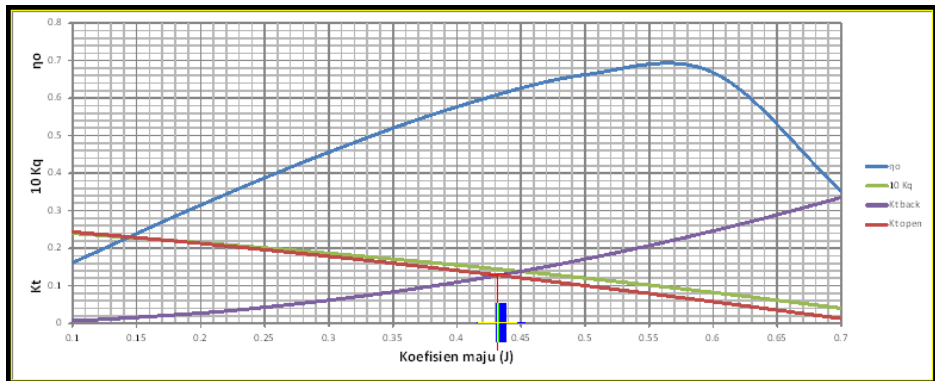
- 3) Interseksi antara kurva $K_{t_{Hull}}$ vs J dengan kurva $K_{t_{Prop}}$ vs J pada $V_s = 5$ knot dan rasio $P/D = 0.6$



Hasil interseksi:

$J = 0.408308$
 $K_q = 0.012346$
 $\eta_o = 0.60078$

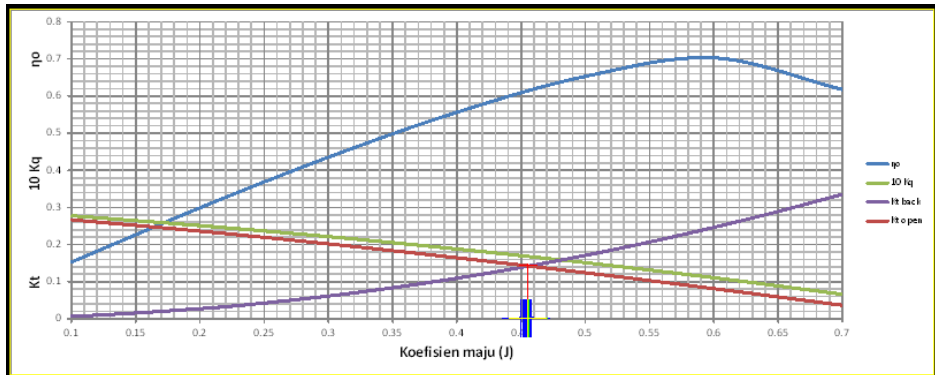
- 4) Interseksi antara kurva $K_{t_{Hull}}$ vs J dengan kurva $K_{t_{Prop}}$ vs J pada $V_s = 5$ knot dan rasio $P/D = 0.65$



Hasil interseksi:

$J = 0.432506$
 $K_q = 0.014454$
 $\eta_o = 0.60979$

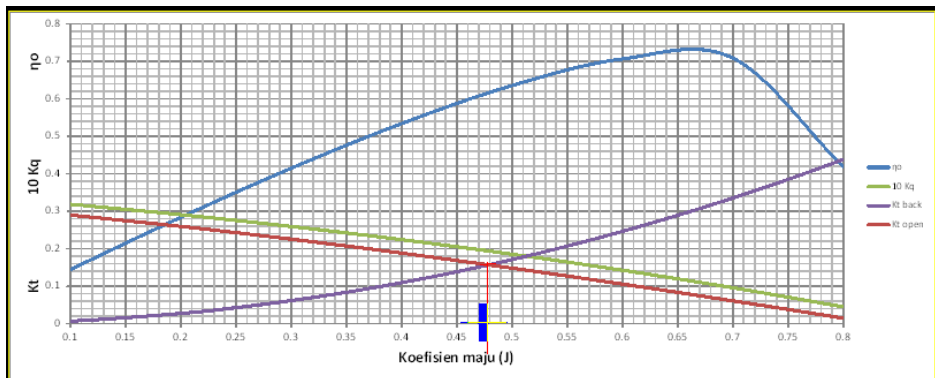
- 5) Interseksi antara kurva $K_{t_{Hull}}$ vs J dengan kurva $K_{t_{Prop}}$ vs J pada $V_s = 5$ knot dan rasio $P/D = 0.7$



Hasil interseksi:

$$\begin{aligned} J &= 0.450602 \\ Kq &= 0.017006 \\ \eta_p &= 0.60931 \end{aligned}$$

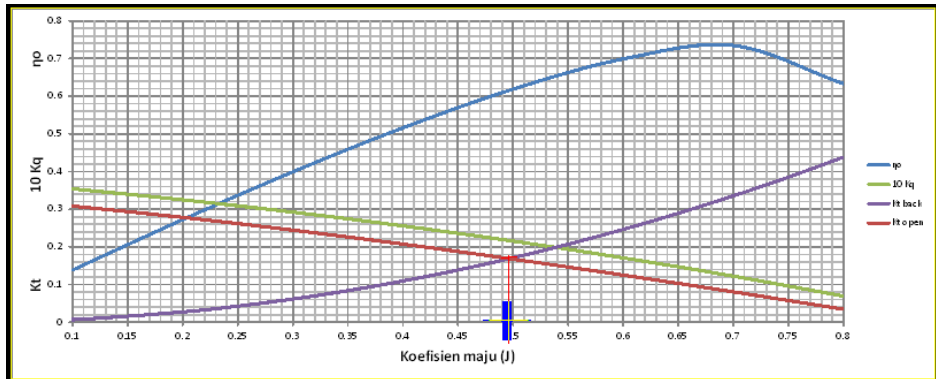
- 6) Interseksi antara kurva $K_{t_{Hull}}$ vs J dengan kurva $K_{t_{Prop}}$ vs J pada $V_s = 5$ knot dan rasio $P/D = 0.75$



Hasil interseksi:

$$\begin{aligned} J &= 0.478815 \\ Kq &= 0.019404 \\ \eta_p &= 0.61609 \end{aligned}$$

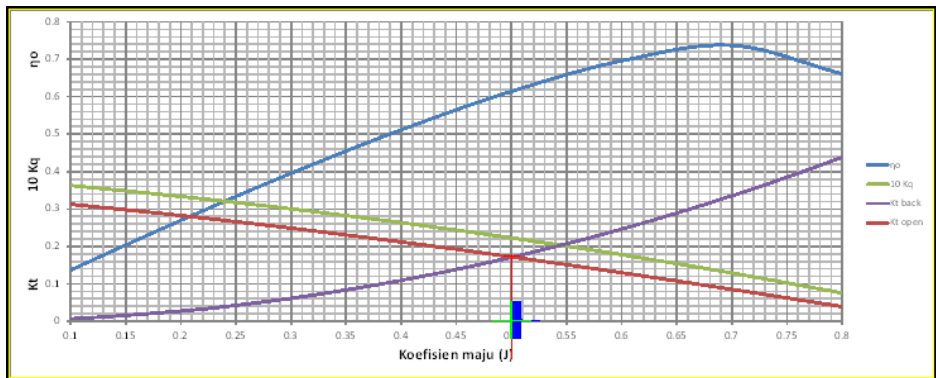
- 7) Interseksi antara kurva $K_{t_{Hull}}$ vs J dengan kurva $K_{t_{Prop}}$ vs J pada $V_s = 5$ knot dan rasio $P/D = 0.79$



Hasil interseksi:

$$\begin{aligned} J &= 0.496604 \\ Kq &= 0.021675 \\ \eta_o &= 0.61554 \end{aligned}$$

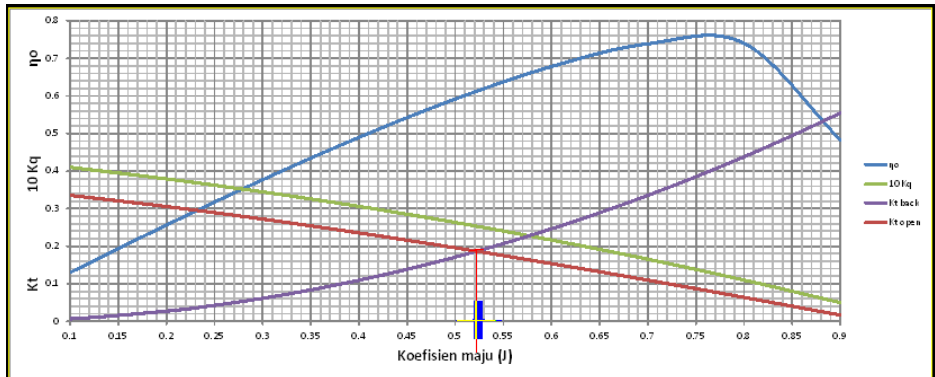
- 8) Interseksi antara kurva $K_{t_{Hull}}$ vs J dengan kurva $K_{t_{Prop}}$ vs J pada $V_s = 5$ knot dan rasio $P/D = 0.8$



Hasil interseksi:

$$\begin{aligned} J &= 0.5009 \\ Kq &= 0.022247 \\ \eta_o &= 0.61526 \end{aligned}$$

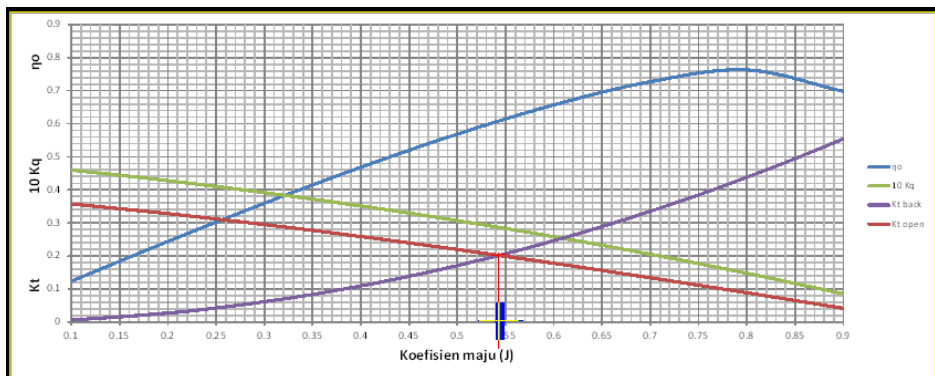
- 9) Interseksi antara kurva $K_{t_{Hull}}$ vs J dengan kurva $K_{t_{Prop}}$ vs J pada $V_s = 5$ knot dan rasio $P/D = 0.85$



Hasil interseksi:

$$\begin{aligned} J &= 0.52229 \\ Kq &= 0.025334 \\ \eta_o &= 0.61262 \end{aligned}$$

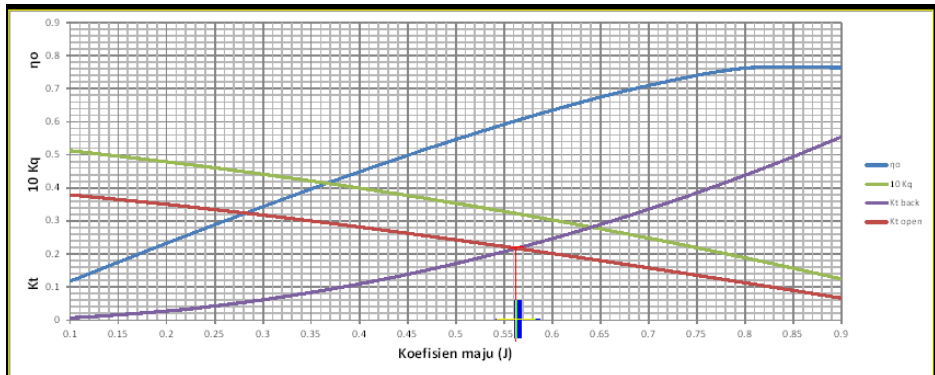
- 10) Interseksi antara kurva $K_{t_{Hull}}$ vs J dengan kurva $K_{t_{Prop}}$ vs J pada $V_s = 5$ knot dan rasio $P/D = 0.9$



Hasil interseksi:

$$\begin{aligned} J &= 0.543022 \\ Kq &= 0.028662 \\ \eta_o &= 0.60865 \end{aligned}$$

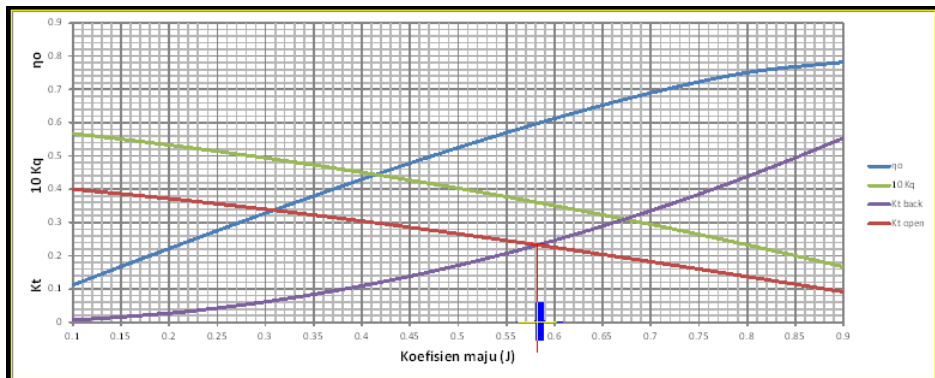
- 11) Interseksi antara kurva $K_{t_{Hull}}$ vs J dengan kurva $K_{t_{Prop}}$ vs J pada $V_s = 5$ knot dan rasio $P/D = 0.95$



Hasil interseksi:

$$\begin{aligned} J &= 0.563095 \\ Kq &= 0.032227 \\ \eta_o &= 0.60370 \end{aligned}$$

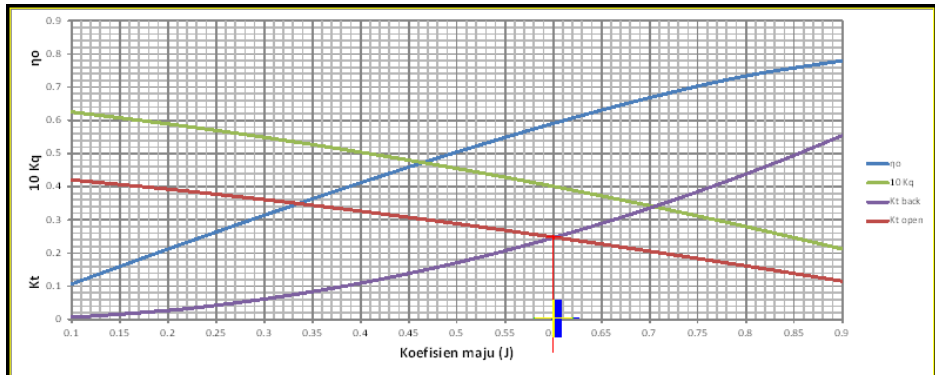
- 12) Interseksi antara kurva $K_{t_{Hull}}$ vs J dengan kurva $K_{t_{Prop}}$ vs J pada $V_s = 5$ knot dan rasio $P/D = 1$



Hasil interseksi:

$$\begin{aligned} J &= 0.582592 \\ Kq &= 0.036022 \\ \eta_o &= 0.59808 \end{aligned}$$

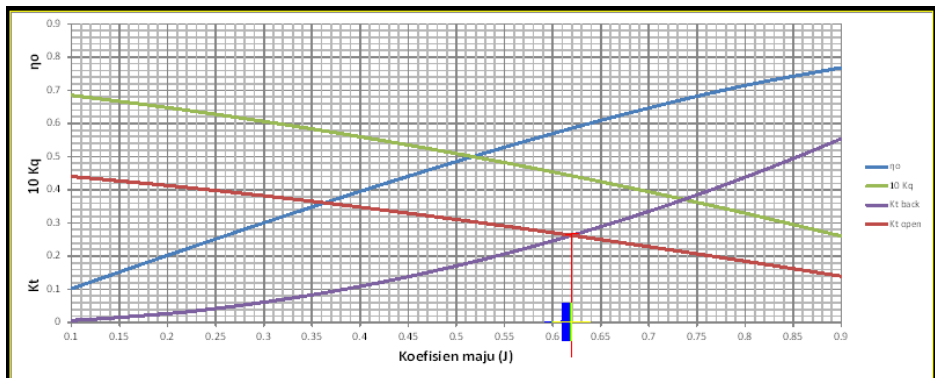
- 13) Interseksi antara kurva K_{tHull} vs J dengan kurva K_{tProp} vs J pada
 $V_s = 5$ knot dan rasio $P/D = 1.05$



Hasil interseksi:

$$\begin{aligned} J &= 0.60152 \\ Kq &= 0.040038 \\ \eta_o &= 0.59204 \end{aligned}$$

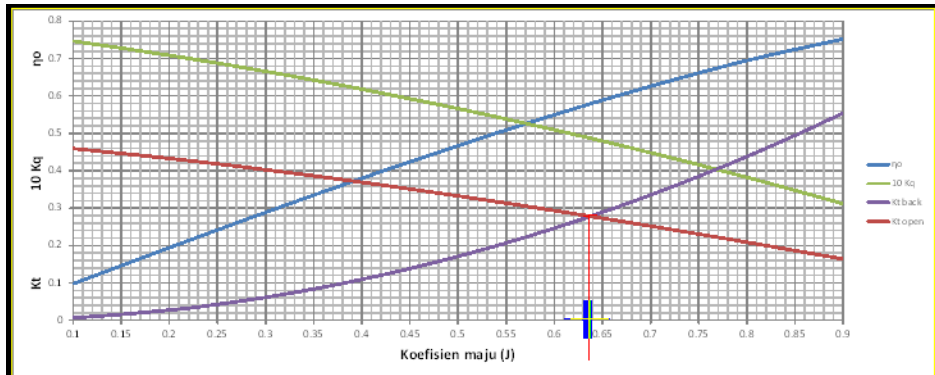
- 14) Interseksi antara kurva K_{tHull} vs J dengan kurva K_{tProp} vs J pada
 $V_s = 5$ knot dan rasio $P/D = 1.1$



Hasil interseksi:

$$\begin{aligned} J &= 0.619691 \\ Kq &= 0.044277 \\ \eta_o &= 0.58561 \end{aligned}$$

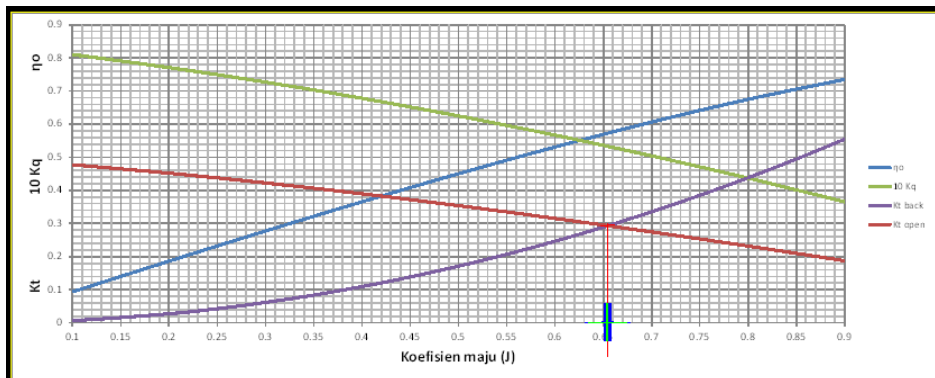
- 15) Interseksi antara kurva $K_{t_{Hull}}$ vs J dengan kurva $K_{t_{Prop}}$ vs J pada
 $V_s = 5$ knot dan rasio $P/D = 1.15$



Hasil interseksi:

$$\begin{aligned} J &= 0.63749 \\ Kq &= 0.048706 \\ \eta_o &= 0.57925 \end{aligned}$$

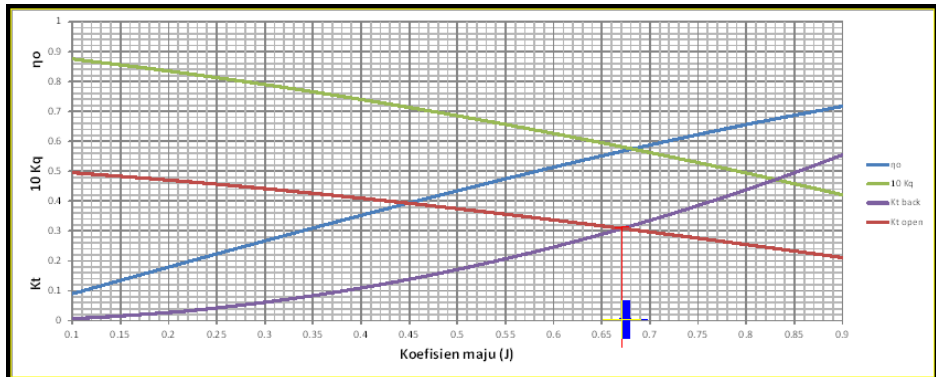
- 16) Interseksi antara kurva $K_{t_{Hull}}$ vs J dengan kurva $K_{t_{Prop}}$ vs J pada
 $V_s = 5$ knot dan rasio $P/D = 1.2$



Hasil interseksi:

$$\begin{aligned} J &= 0.654599 \\ Kq &= 0.053330 \\ \eta_o &= 0.57288 \end{aligned}$$

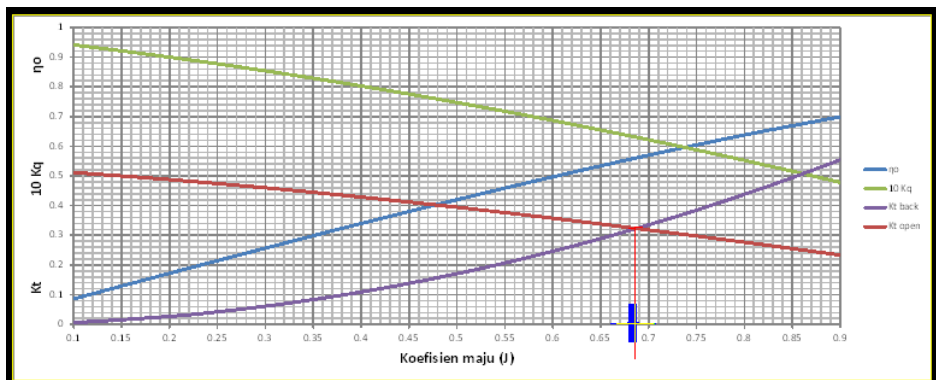
- 17) Interseksi antara kurva K_{tHull} vs J dengan kurva K_{tProp} vs J pada $V_s = 5$ knot dan rasio $P/D = 1.25$



Hasil interseksi:

$$\begin{aligned} J &= 0.671211 \\ Kq &= 0.058119 \\ \eta_0 &= 0.56677 \end{aligned}$$

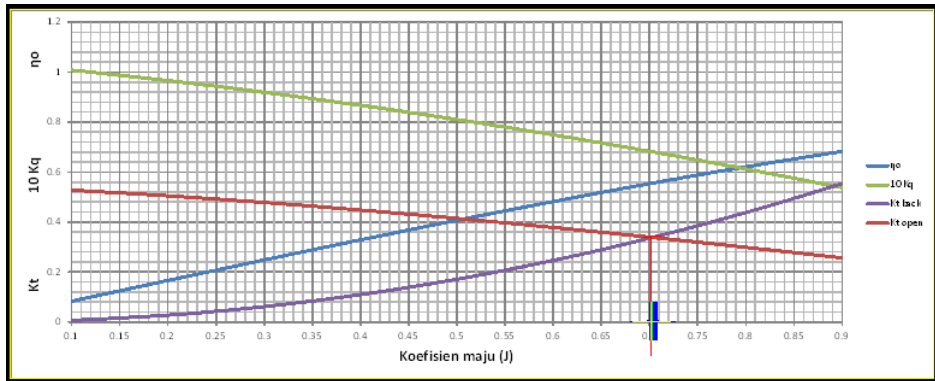
- 18) Interseksi antara kurva K_{tHull} vs J dengan kurva K_{tProp} vs J pada $V_s = 5$ knot dan rasio $P/D = 1.3$



Hasil interseksi:

$$\begin{aligned} J &= 0.687383 \\ Kq &= 0.063047 \\ \eta_0 &= 0.56112 \end{aligned}$$

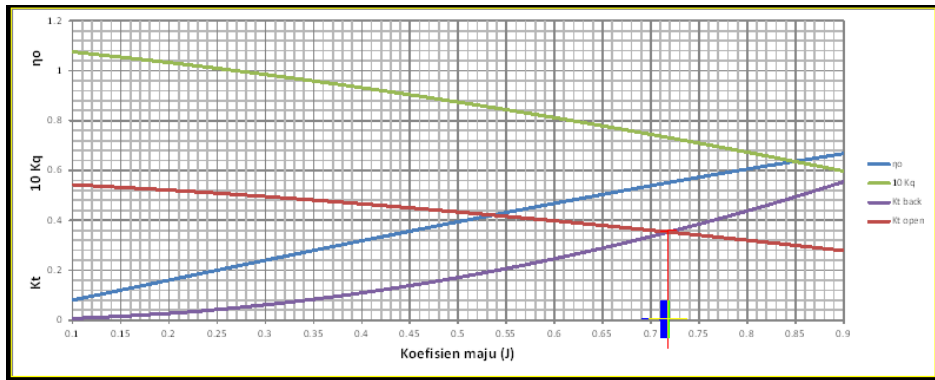
- 19) Interseksi antara kurva $K_{t_{Hull}}$ vs J dengan kurva $K_{t_{Prop}}$ vs J pada
 $V_s = 5$ knot dan rasio $P/D = 1.35$



Hasil interseksi:

$$\begin{aligned} J &= 0.70315 \\ K_q &= 0.068085 \\ \eta_0 &= 0.55607 \end{aligned}$$

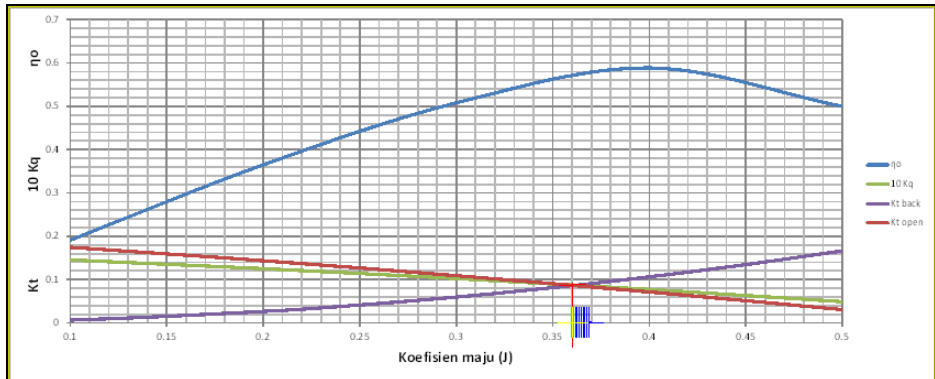
- 20) Interseksi antara kurva $K_{t_{Hull}}$ vs J dengan kurva $K_{t_{Prop}}$ vs J pada
 $V_s = 5$ knot dan rasio $P/D = 1.4$



Hasil interseksi:

$$\begin{aligned} J &= 0.718427 \\ K_q &= 0.073209 \\ \eta_0 &= 0.55171 \end{aligned}$$

- 21) Interseksi antara kurva $K_{t_{Hull}}$ vs J dengan kurva $K_{t_{Prop}}$ vs J pada
 $V_s = 6$ knot dan rasio $P/D = 0.5$



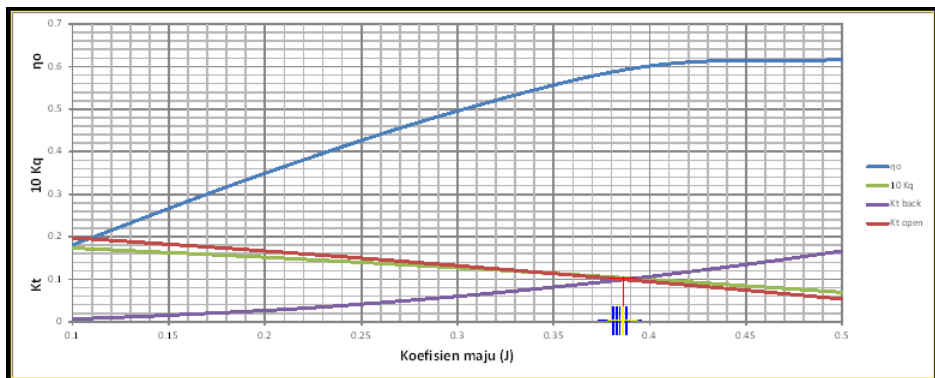
Hasil interseksi:

$$J = 0.360723$$

$$Kq = 0.008754$$

$$\eta_0 = 0.56803$$

- 22) Interseksi antara kurva $K_{t_{Hull}}$ vs J dengan kurva $K_{t_{Prop}}$ vs J pada
 $V_s = 6$ knot dan rasio $P/D = 0.55$



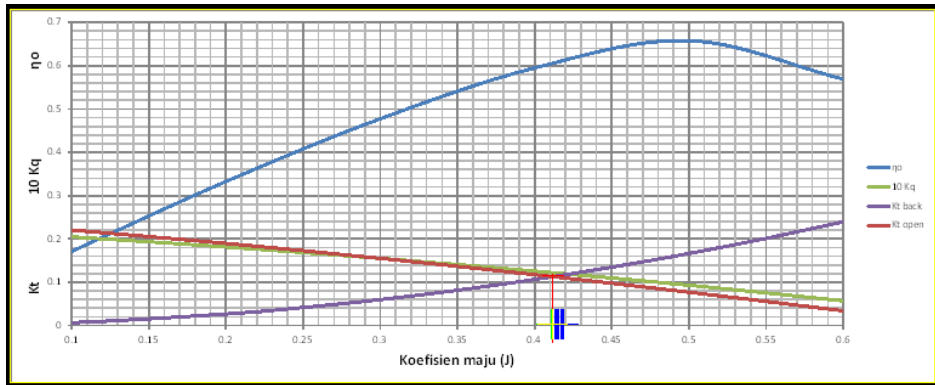
Hasil interseksi:

$$J = 0.38658$$

$$Kq = 0.010356$$

$$\eta_0 = 0.59088$$

- 23) Interseksi antara kurva $K_{t_{Hull}}$ vs J dengan kurva $K_{t_{Prop}}$ vs J pada
 $V_s = 6$ knot dan rasio $P/D = 0.6$



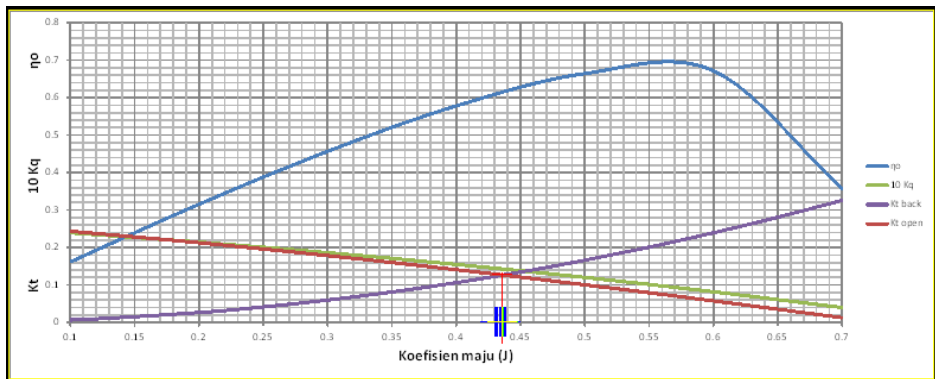
Hasil interseksi:

$$J = 0.411732$$

$$Kq = 0.012202$$

$$\eta_0 = 0.60584$$

- 24) Interseksi antara kurva $K_{t_{Hull}}$ vs J dengan kurva $K_{t_{Prop}}$ vs J pada
 $V_s = 6$ knot dan rasio $P/D = 0.65$



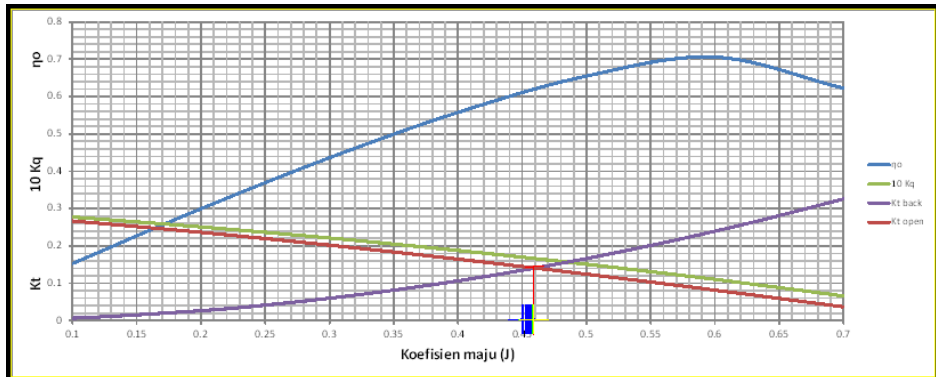
Hasil interseksi:

$$J = 0.43618$$

$$Kq = 0.014291$$

$$\eta_0 = 0.61496$$

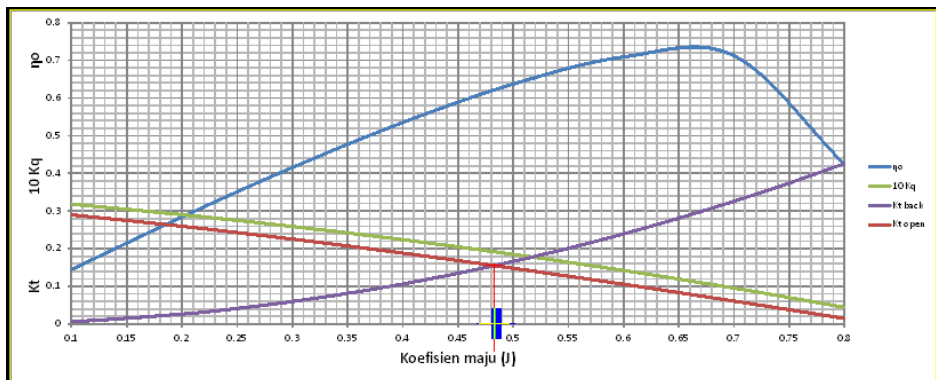
- 25) Interseksi antara kurva $K_{t_{Hull}}$ vs J dengan kurva $K_{t_{Prop}}$ vs J pada $V_s = 6$ knot dan rasio $P/D = 0.7$



Hasil interseksi:

$$\begin{aligned} J &= 0.450996 \\ Kq &= 0.016954 \\ \eta_o &= 0.61116 \end{aligned}$$

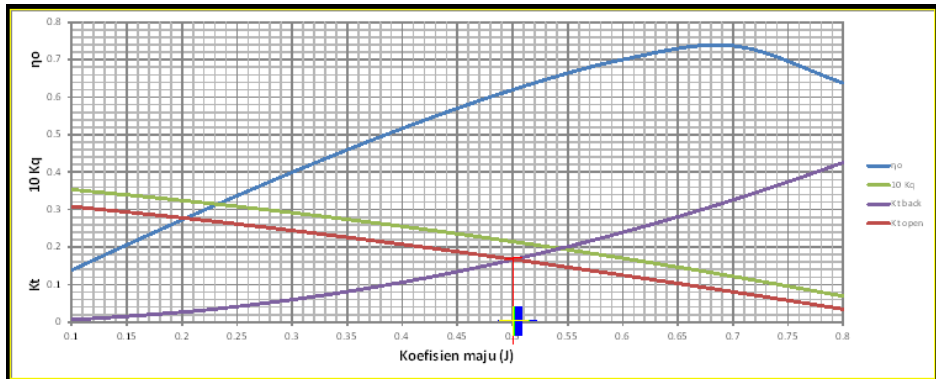
- 26) Interseksi antara kurva $K_{t_{Hull}}$ vs J dengan kurva $K_{t_{Prop}}$ vs J pada $V_s = 6$ knot dan rasio $P/D = 0.75$



Hasil interseksi:

$$\begin{aligned} J &= 0.483038 \\ Kq &= 0.019197 \\ \eta_o &= 0.62143 \end{aligned}$$

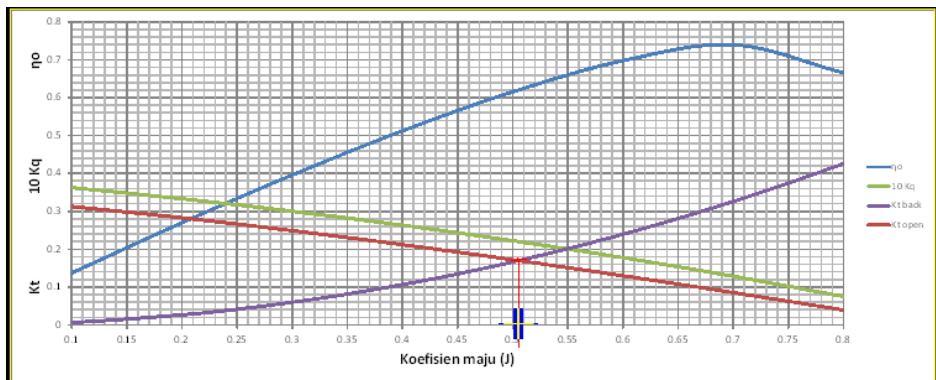
- 27) Interseksi antara kurva $K_{t_{Hull}}$ vs J dengan kurva $K_{t_{Prop}}$ vs J pada
 $V_s = 6$ knot dan rasio $P/D = 0.79$



Hasil interseksi:

$J = 0.501116$
 $Kq = 0.021446$
 $\eta_0 = 0.62097$

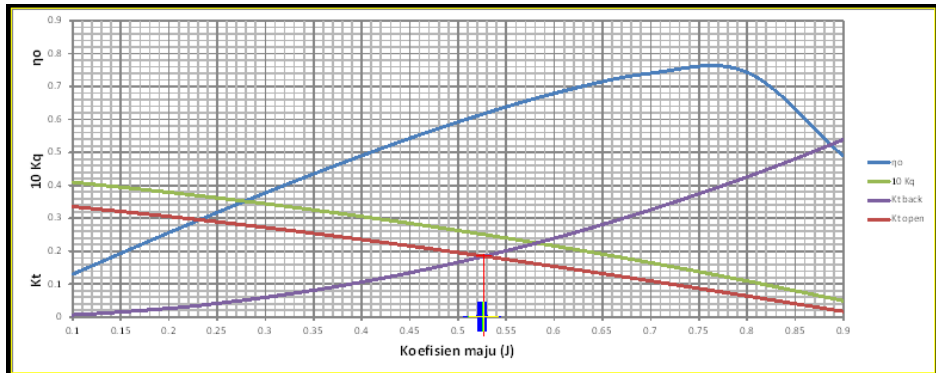
- 28) Interseksi antara kurva $K_{t_{Hull}}$ vs J dengan kurva $K_{t_{Prop}}$ vs J pada
 $V_s = 6$ knot dan rasio $P/D = 0.8$



Hasil interseksi:

$J = 0.505357$
 $Kq = 0.022018$
 $\eta_0 = 0.62059$

- 29) Interseksi antara kurva K_{tHull} vs J dengan kurva K_{tProp} vs J pada
 $V_s = 6$ knot dan rasio $P/D = 0.85$



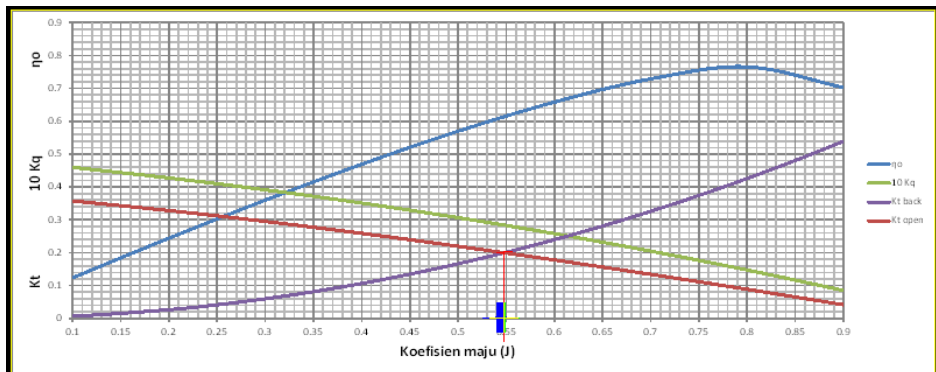
Hasil interseksi:

$$J = 0.526993$$

$$K_q = 0.025081$$

$$\eta_0 = 0.61796$$

- 30) Interseksi antara kurva K_{tHull} vs J dengan kurva K_{tProp} vs J pada
 $V_s = 6$ knot dan rasio $P/D = 0.9$



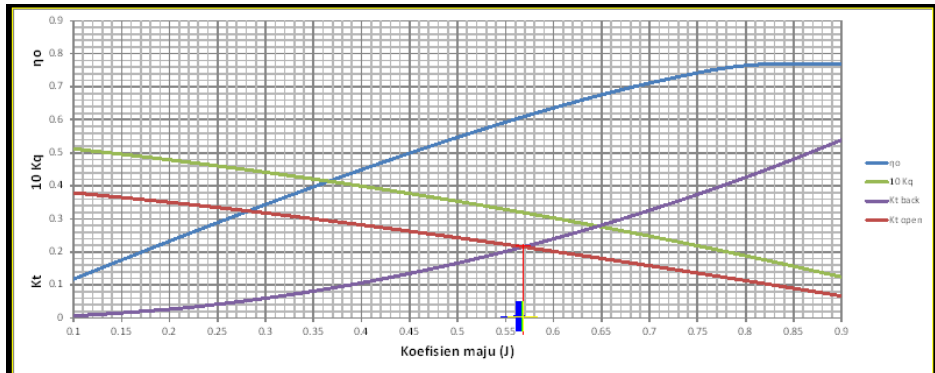
Hasil interseksi:

$$J = 0.54811$$

$$K_q = 0.028378$$

$$\eta_0 = 0.61411$$

- 31) Interseksi antara kurva K_{tHull} vs J dengan kurva K_{tProp} vs J pada
 $V_s = 6$ knot dan rasio $P/D = 0.95$



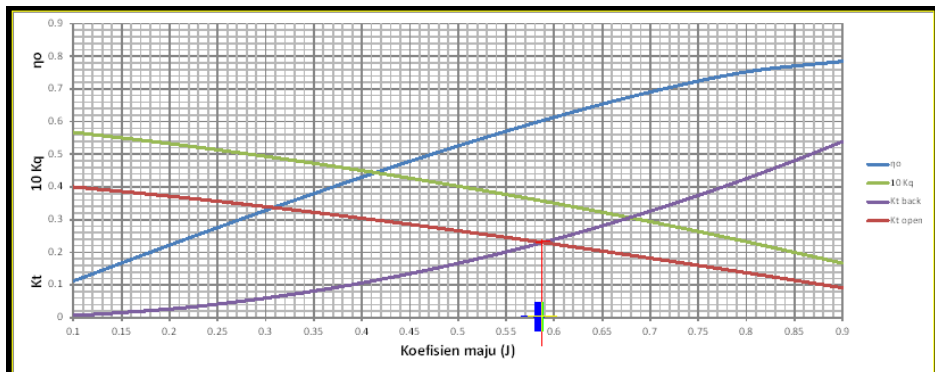
Hasil interseksi:

$$J = 0.568416$$

$$Kq = 0.031919$$

$$\eta_o = 0.60912$$

- 32) Interseksi antara kurva K_{tHull} vs J dengan kurva K_{tProp} vs J pada
 $V_s = 6$ knot dan rasio $P/D = 1$



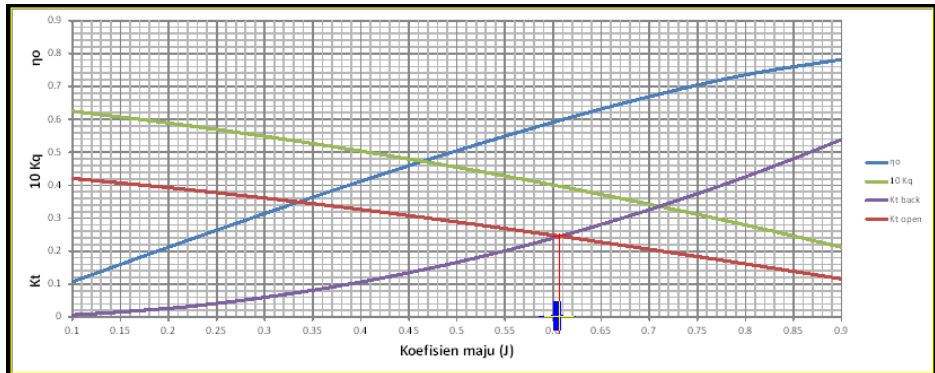
Hasil interseksi:

$$J = 0.588075$$

$$Kq = 0.035691$$

$$\eta_o = 0.60342$$

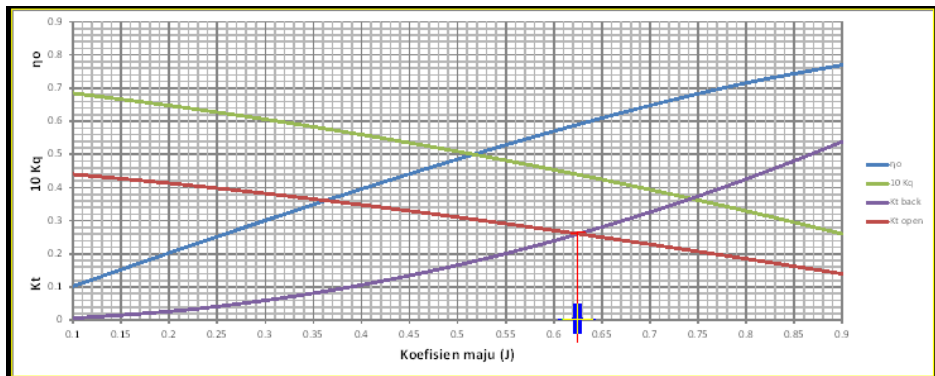
- 33) Interseksi antara kurva K_{tHull} vs J dengan kurva K_{tProp} vs J pada
 $V_s = 6$ knot dan rasio $P/D = 1.05$



Hasil interseksi:

$$\begin{aligned} J &= 0.60726 \\ K_q &= 0.039680 \\ \eta_o &= 0.59737 \end{aligned}$$

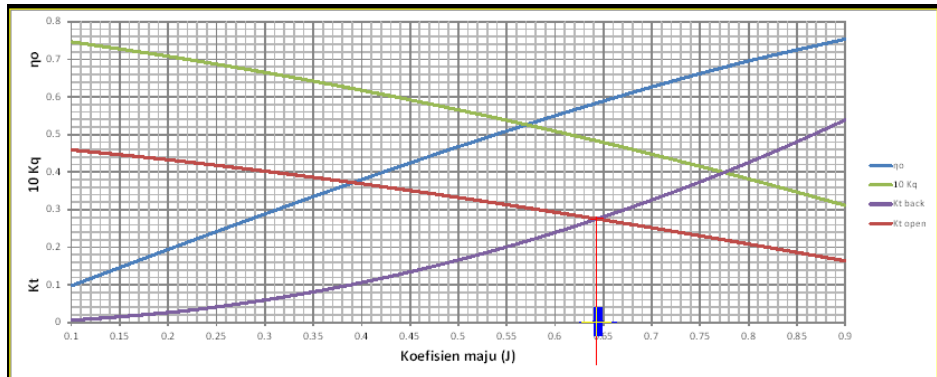
- 34) Interseksi antara kurva K_{tHull} vs J dengan kurva K_{tProp} vs J pada
 $V_s = 6$ knot dan rasio $P/D = 1.1$



Hasil interseksi:

$$\begin{aligned} J &= 0.625799 \\ K_q &= 0.043885 \\ \eta_o &= 0.59102 \end{aligned}$$

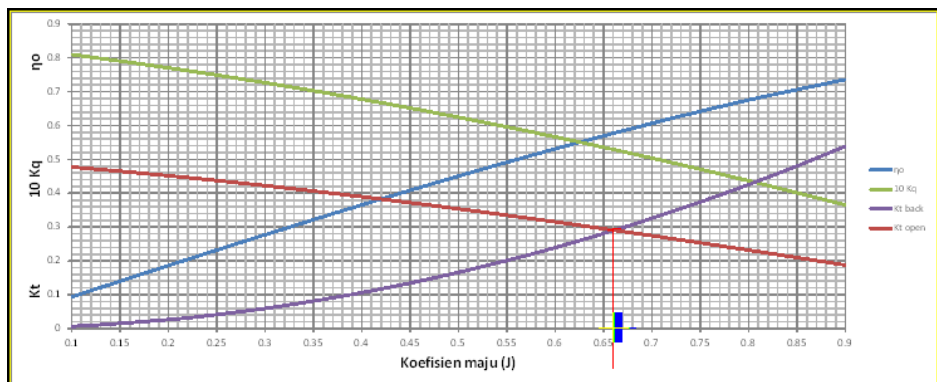
- 35) Interseksi antara kurva K_{tHull} vs J dengan kurva K_{tProp} vs J pada
 $V_s = 6$ knot dan rasio $P/D = 1.15$



Hasil interseksi:

$$\begin{aligned} J &= 0.643675 \\ K_q &= 0.048297 \\ \eta_o &= 0.58452 \end{aligned}$$

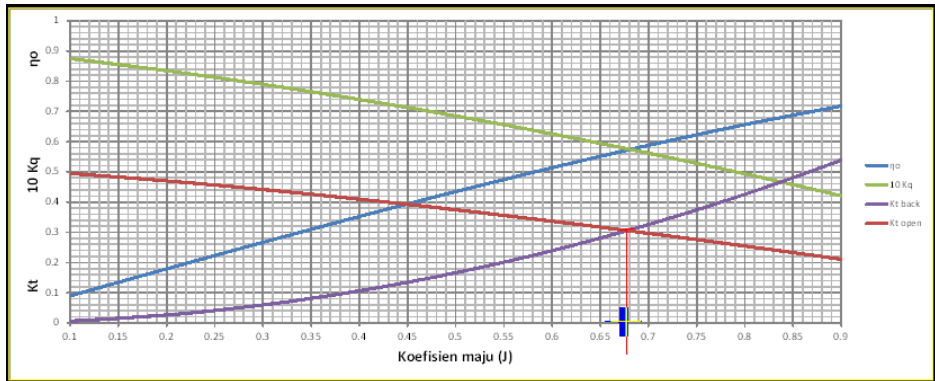
- 36) Interseksi antara kurva K_{tHull} vs J dengan kurva K_{tProp} vs J pada
 $V_s = 6$ knot dan rasio $P/D = 1.2$



Hasil interseksi:

$$\begin{aligned} J &= 0.661054 \\ K_q &= 0.052892 \\ \eta_o &= 0.57816 \end{aligned}$$

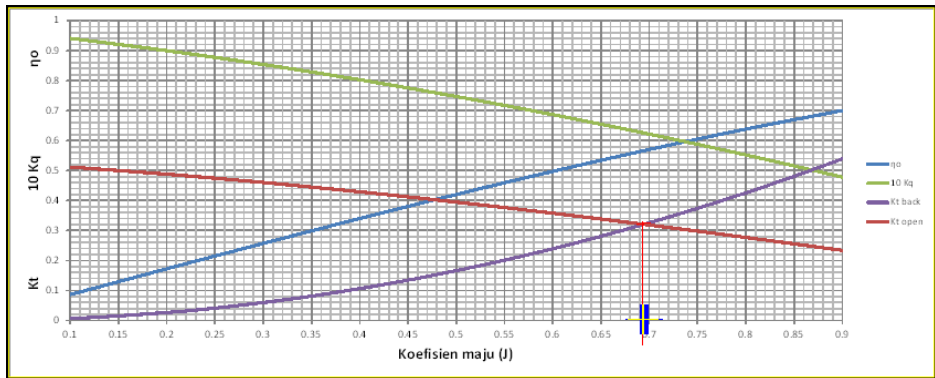
- 37) Interseksi antara kurva $K_{t_{Hull}}$ vs J dengan kurva $K_{t_{Prop}}$ vs J pada
 $V_s = 6$ knot dan rasio $P/D = 1.25$



Hasil interseksi:

$$\begin{aligned} J &= 0.677841 \\ Kq &= 0.057657 \\ \eta_0 &= 0.57200 \end{aligned}$$

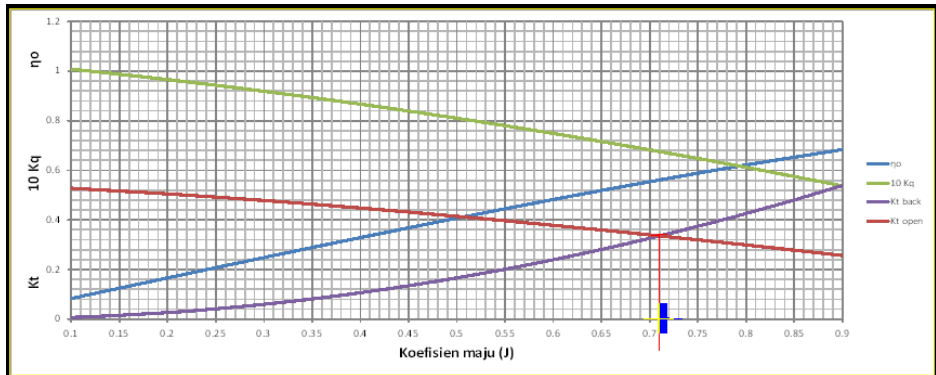
- 38) Interseksi antara kurva $K_{t_{Hull}}$ vs J dengan kurva $K_{t_{Prop}}$ vs J pada
 $V_s = 6$ knot dan rasio $P/D = 1.3$



Hasil interseksi:

$$\begin{aligned} J &= 0.694302 \\ Kq &= 0.062554 \\ \eta_0 &= 0.56639 \end{aligned}$$

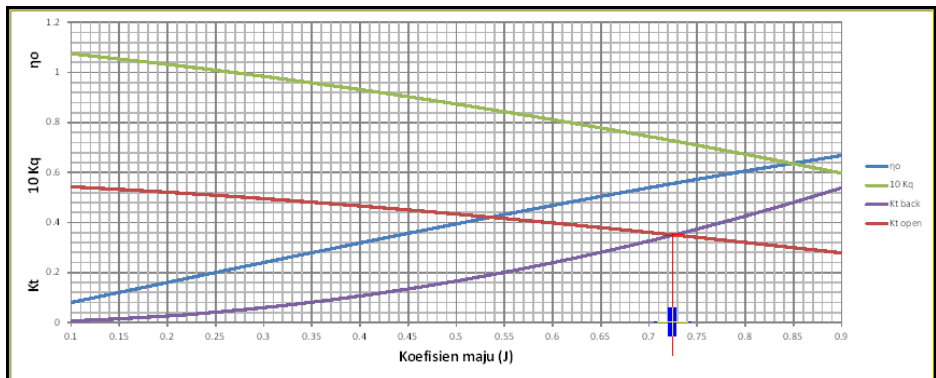
- 39) Interseksi antara kurva K_{tHull} vs J dengan kurva K_{tProp} vs J pada $V_s = 6$ knot dan rasio $P/D = 1.35$



Hasil interseksi:

$$\begin{aligned} J &= 0.710149 \\ Kq &= 0.067575 \\ \eta_o &= 0.56125 \end{aligned}$$

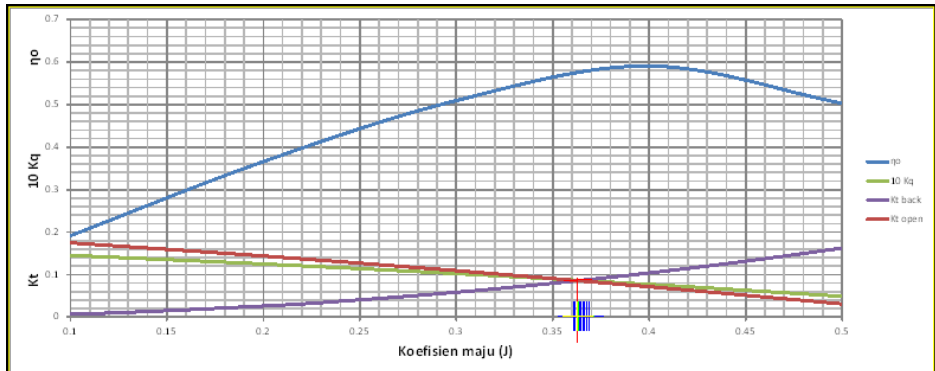
- 40) Interseksi antara kurva K_{tHull} vs J dengan kurva K_{tProp} vs J pada $V_s = 6$ knot dan rasio $P/D = 1.4$



Hasil interseksi:

$$\begin{aligned} J &= 0.72578 \\ Kq &= 0.072663 \\ \eta_o &= 0.55699 \end{aligned}$$

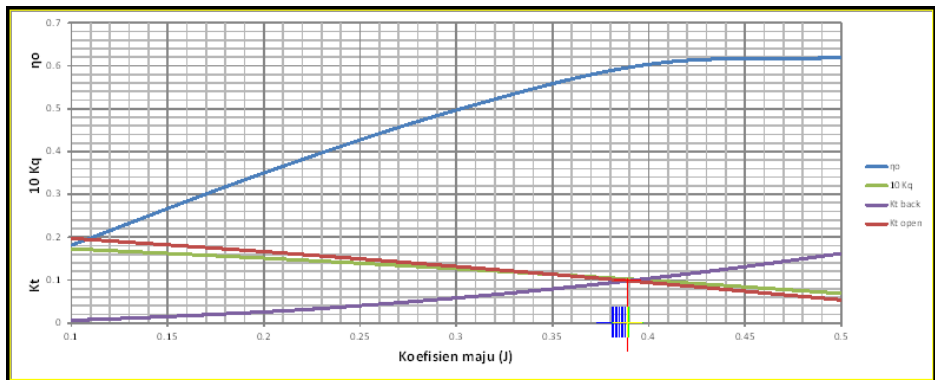
- 41) Interseksi antara kurva $K_{t_{Hull}}$ vs J dengan kurva $K_{t_{Prop}}$ vs J pada
 $V_s = 7$ knot dan rasio $P/D = 0.5$



Hasil interseksi:

$J = 0.363177$
 $K_q = 0.008662$
 $\eta_o = 0.57180$

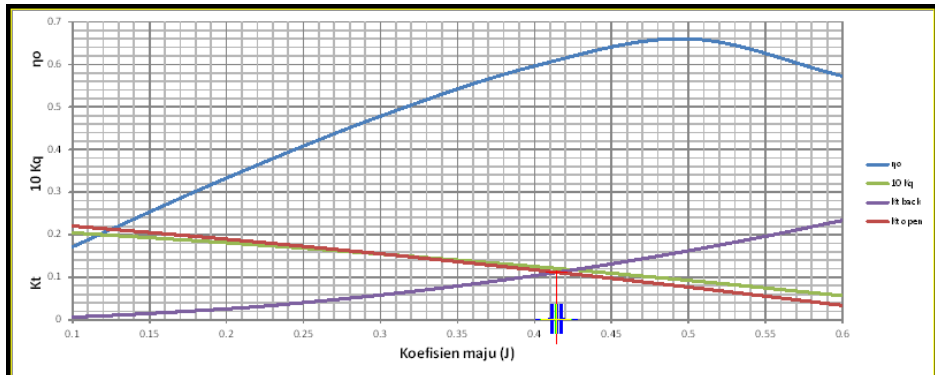
- 42) Interseksi antara kurva $K_{t_{Hull}}$ vs J dengan kurva $K_{t_{Prop}}$ vs J pada
 $V_s = 7$ knot dan rasio $P/D = 0.55$



Hasil interseksi:

$J = 0.389281$
 $K_q = 0.010250$
 $\eta_o = 0.59495$

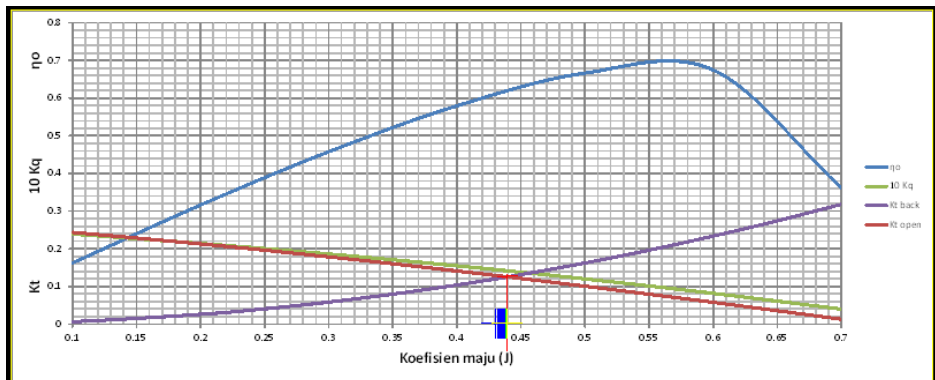
- 43) Interseksi antara kurva $K_{t_{Hull}}$ vs J dengan kurva $K_{t_{Prop}}$ vs J pada
 $V_s = 7$ knot dan rasio $P/D = 0.6$



Hasil interseksi:

$$\begin{aligned} J &= 0.414631 \\ K_q &= 0.012081 \\ \eta_o &= 0.61007 \end{aligned}$$

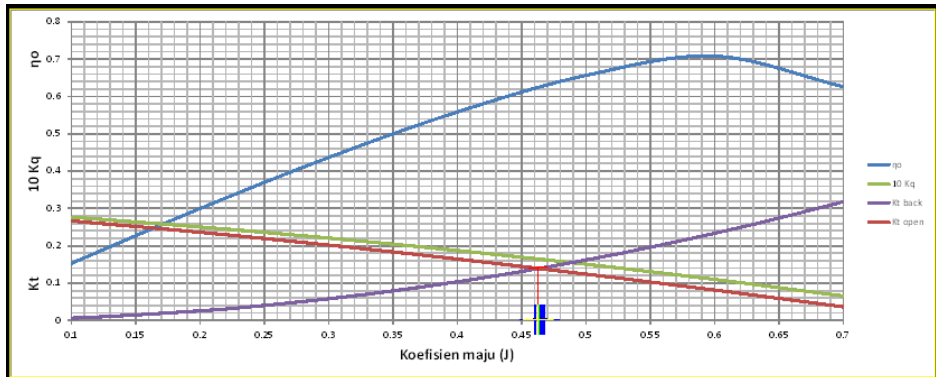
- 44) Interseksi antara kurva $K_{t_{Hull}}$ vs J dengan kurva $K_{t_{Prop}}$ vs J pada
 $V_s = 7$ knot dan rasio $P/D = 0.65$



Hasil interseksi:

$$\begin{aligned} J &= 0.439405 \\ K_q &= 0.014149 \\ \eta_o &= 0.61941 \end{aligned}$$

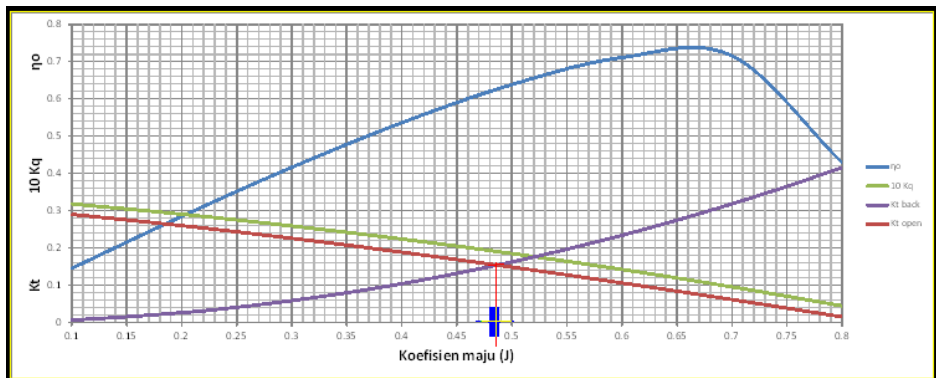
- 45) Interseksi antara kurva $K_{t_{Hull}}$ vs J dengan kurva $K_{t_{Prop}}$ vs J pada $V_s = 7$ knot dan rasio $P/D = 0.7$



Hasil interseksi:

$J = 0.463388$
 $K_q = 0.016463$
 $\eta_o = 0.62431$

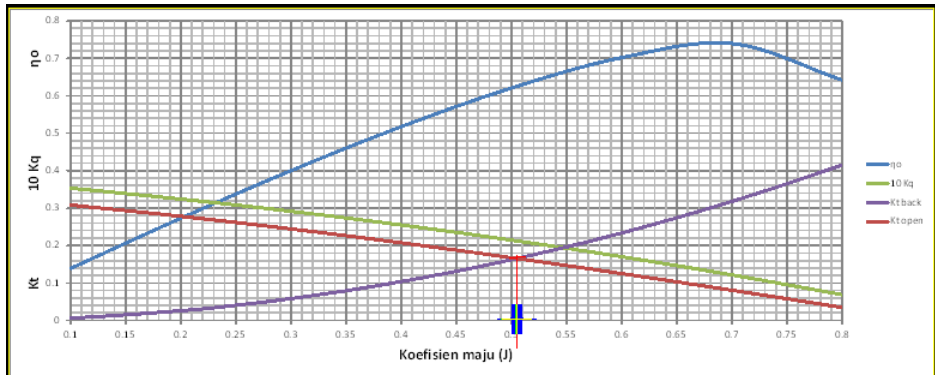
- 46) Interseksi antara kurva $K_{t_{Hull}}$ vs J dengan kurva $K_{t_{Prop}}$ vs J pada $V_s = 7$ knot dan rasio $P/D = 0.75$



Hasil interseksi:

$J = 0.486641$
 $K_q = 0.019021$
 $\eta_o = 0.62594$

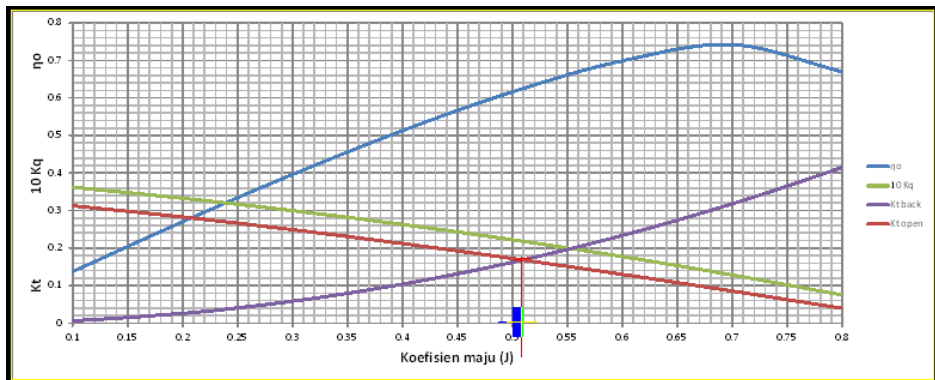
- 47) Interseksi antara kurva $K_{t_{Hull}}$ vs J dengan kurva $K_{t_{Prop}}$ vs J pada $V_s = 7$ knot dan rasio $P/D = 0.79$



Hasil interseksi:

$$\begin{aligned} J &= 0.504912 \\ Kq &= 0.021254 \\ \eta_o &= 0.62552 \end{aligned}$$

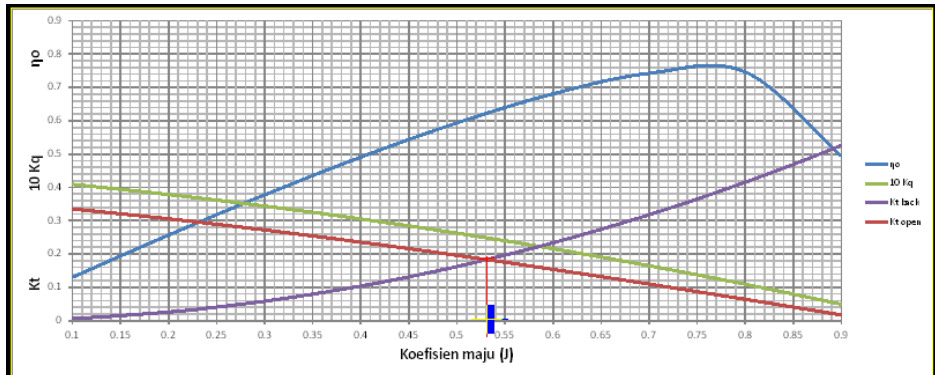
- 48) Interseksi antara kurva $K_{t_{Hull}}$ vs J dengan kurva $K_{t_{Prop}}$ vs J pada $V_s = 7$ knot dan rasio $P/D = 0.8$



Hasil interseksi:

$$\begin{aligned} J &= 0.509245 \\ Kq &= 0.021819 \\ \eta_o &= 0.62519 \end{aligned}$$

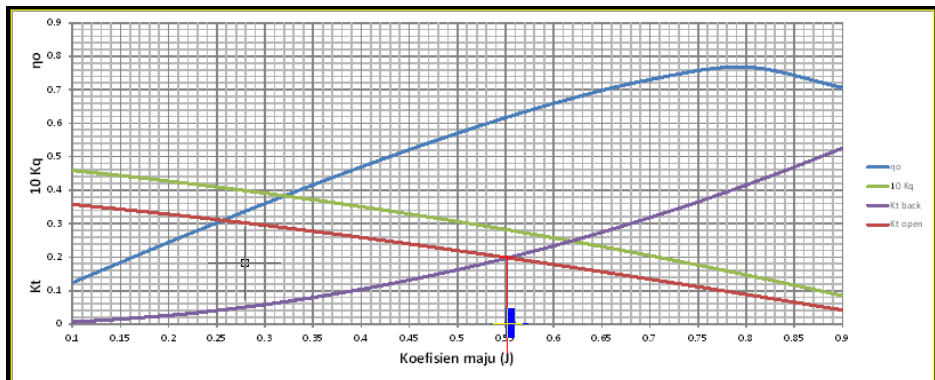
- 49) Interseksi antara kurva $K_{t_{Hull}}$ vs J dengan kurva $K_{t_{Prop}}$ vs J pada $V_s = 7$ knot dan rasio $P/D = 0.85$



Hasil interseksi:

$J = 0.531038$
 $Kq = 0.024865$
 $\eta_o = 0.62251$

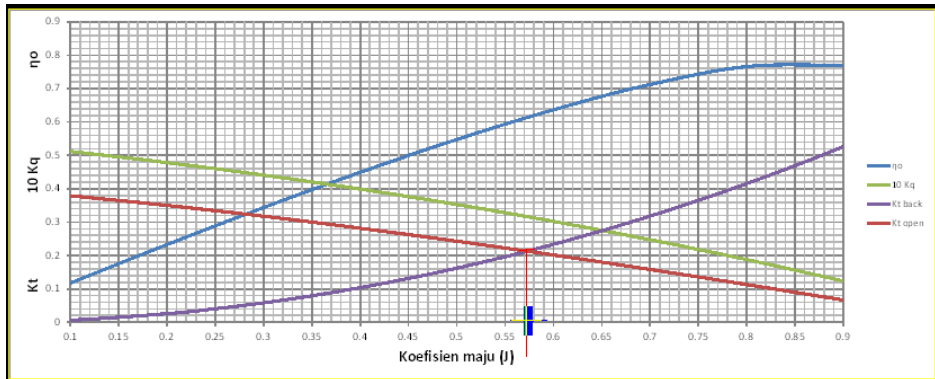
- 50) Interseksi antara kurva $K_{t_{Hull}}$ vs J dengan kurva $K_{t_{Prop}}$ vs J pada $V_s = 7$ knot dan rasio $P/D = 0.9$



Hasil interseksi:

$J = 0.552342$
 $Kq = 0.028142$
 $\eta_o = 0.61863$

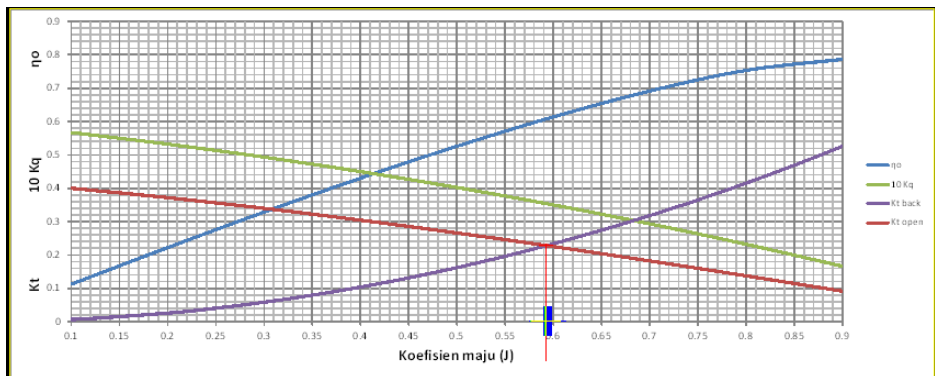
- 51) Interseksi antara kurva $K_{t_{Hull}}$ vs J dengan kurva $K_{t_{Prop}}$ vs J pada
 $V_s = 7$ knot dan rasio $P/D = 0.95$



Hasil interseksi:

$$\begin{aligned} J &= 0.572916 \\ Kq &= 0.031658 \\ \eta_o &= 0.61369 \end{aligned}$$

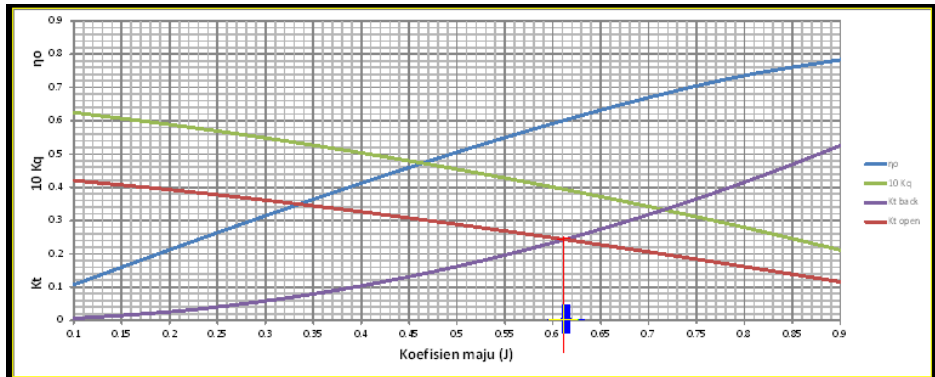
- 52) Interseksi antara kurva $K_{t_{Hull}}$ vs J dengan kurva $K_{t_{Prop}}$ vs J pada
 $V_s = 7$ knot dan rasio $P/D = 1$



Hasil interseksi:

$$\begin{aligned} J &= 0.592781 \\ Kq &= 0.035409 \\ \eta_o &= 0.60797 \end{aligned}$$

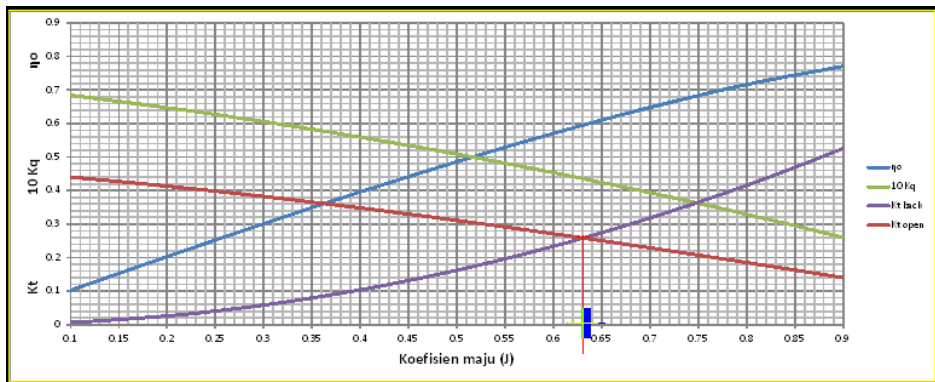
- 53) Interseksi antara kurva K_{tHull} vs J dengan kurva K_{tProp} vs J pada $V_s = 7$ knot dan rasio $P/D = 1.05$



Hasil interseksi:

$J = 0.61219$
 $Kq = 0.039374$
 $\eta_o = 0.60192$

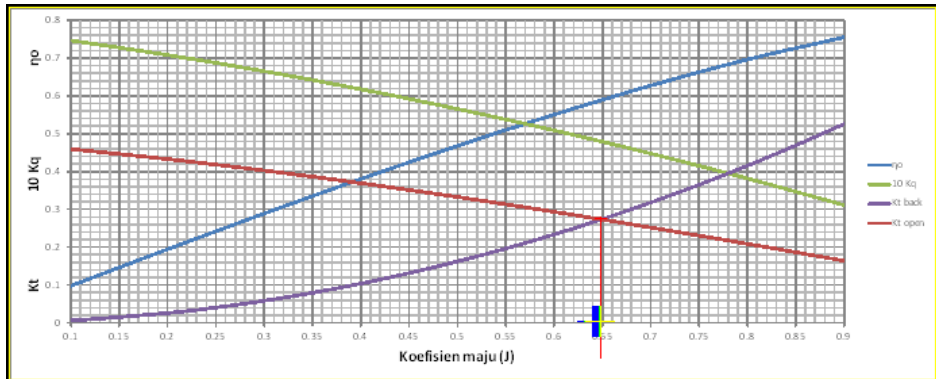
- 54) Interseksi antara kurva K_{tHull} vs J dengan kurva K_{tProp} vs J pada $V_s = 7$ knot dan rasio $P/D = 1.1$



Hasil interseksi:

$J = 0.63095$
 $Kq = 0.043555$
 $\eta_o = 0.59556$

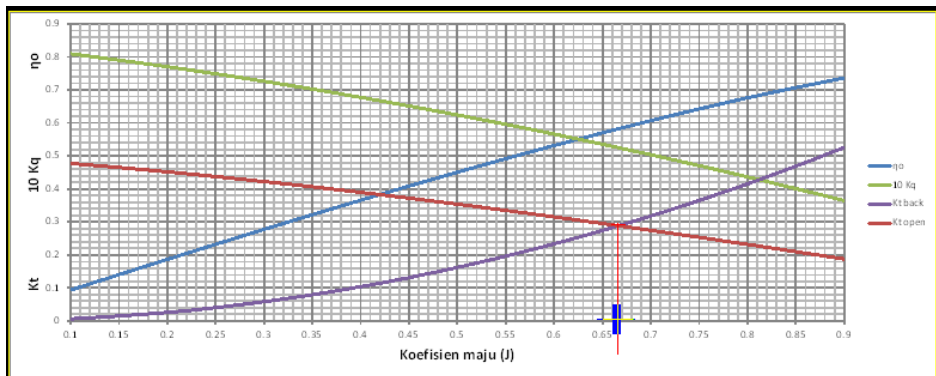
- 55) Interseksi antara kurva K_{tHull} vs J dengan kurva K_{tProp} vs J pada
 $V_s = 7$ knot dan rasio $P/D = 1.15$



Hasil interseksi:

$$\begin{aligned} J &= 0.648972 \\ Kq &= 0.047947 \\ \eta_0 &= 0.58900 \end{aligned}$$

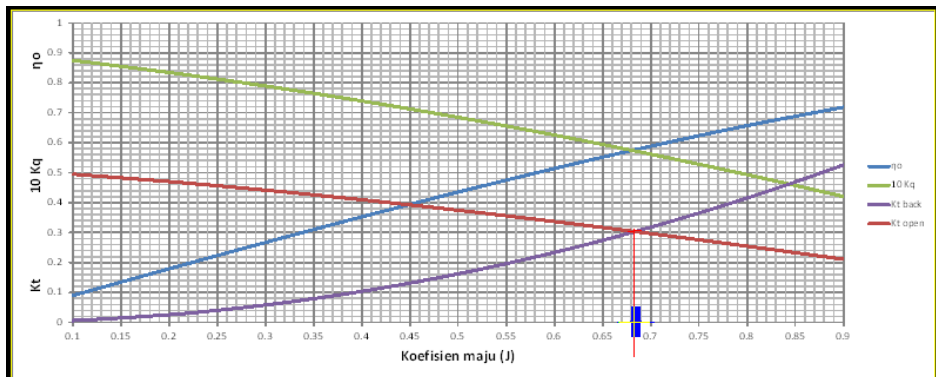
- 56) Interseksi antara kurva K_{tHull} vs J dengan kurva K_{tProp} vs J pada
 $V_s = 7$ knot dan rasio $P/D = 1.2$



Hasil interseksi:

$$\begin{aligned} J &= 0.666582 \\ Kq &= 0.052517 \\ \eta_0 &= 0.58265 \end{aligned}$$

57) Interseksi antara kurva $K_{t_{Hull}}$ vs J dengan kurva $K_{t_{Prop}}$ vs J pada
 $V_s = 7$ knot dan rasio $P/D = 1.25$



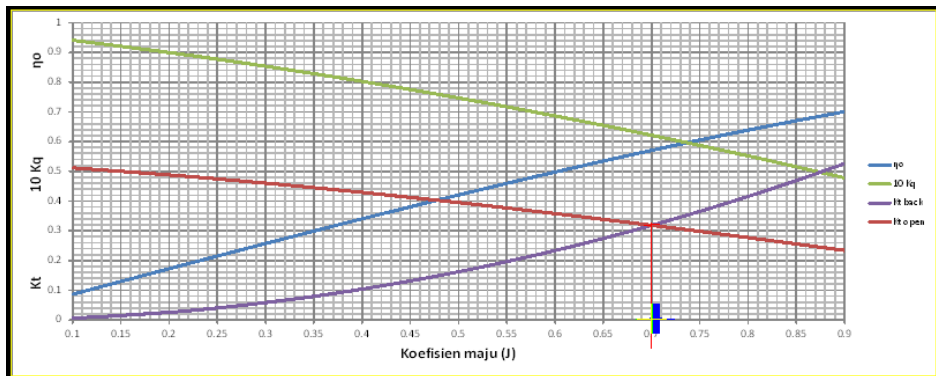
Hasil interseksi:

$$J = 0.683631$$

$$K_q = 0.057255$$

$$\eta_o = 0.57654$$

58) Interseksi antara kurva $K_{t_{Hull}}$ vs J dengan kurva $K_{t_{Prop}}$ vs J pada
 $V_s = 7$ knot dan rasio $P/D = 1.3$



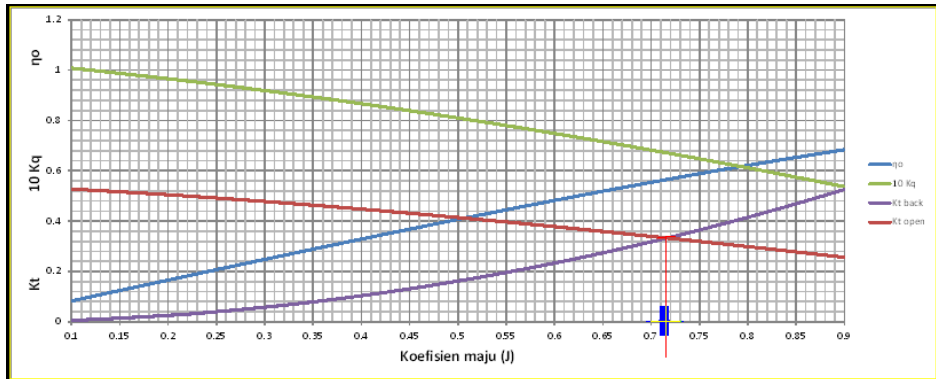
Hasil interseksi:

$$J = 0.700302$$

$$K_q = 0.062127$$

$$\eta_o = 0.57093$$

- 59) Interseksi antara kurva $K_{t_{Hull}}$ vs J dengan kurva $K_{t_{Prop}}$ vs J pada
 $V_s = 7$ knot dan rasio $P/D = 1.35$



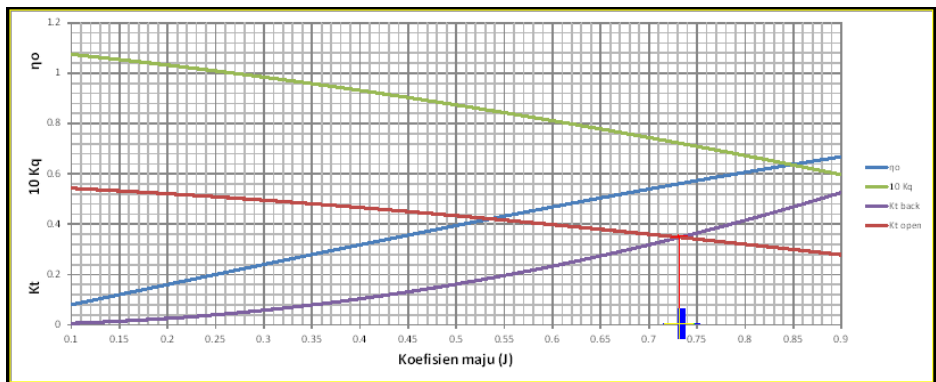
Hasil interseksi:

$$J = 0.716295$$

$$Kq = 0.067129$$

$$\eta_0 = 0.56576$$

- 60) Interseksi antara kurva $K_{t_{Hull}}$ vs J dengan kurva $K_{t_{Prop}}$ vs J pada
 $V_s = 7$ knot dan rasio $P/D = 1.4$



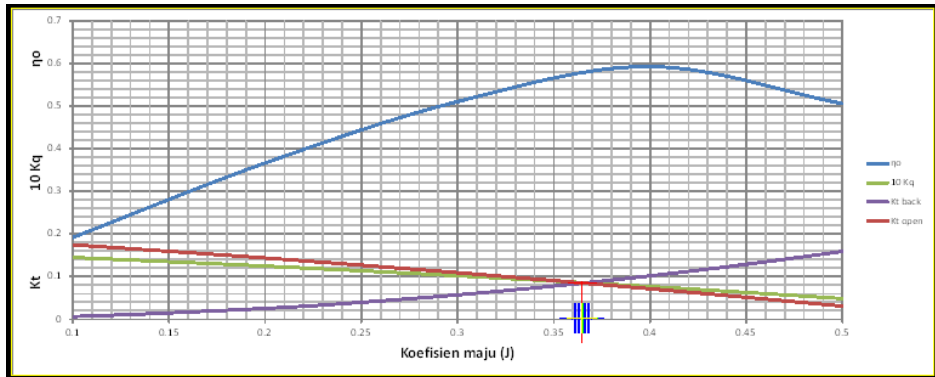
Hasil interseksi:

$$J = 0.732028$$

$$Kq = 0.072199$$

$$\eta_0 = 0.56146$$

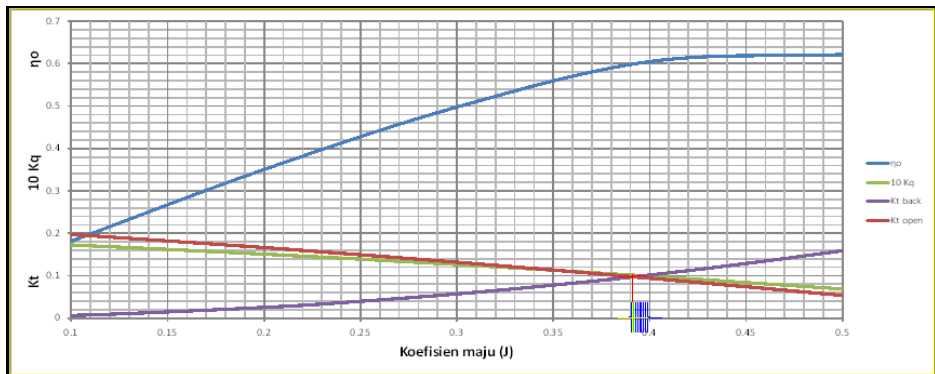
- 61) Interseksi antara kurva $K_{t_{Hull}}$ vs J dengan kurva $K_{t_{Prop}}$ vs J pada $V_s = 8$ knot dan rasio $P/D = 0.5$



Hasil interseksi:

$$\begin{aligned} J &= 0.365219 \\ K_q &= 0.008585 \\ \eta_o &= 0.57496 \end{aligned}$$

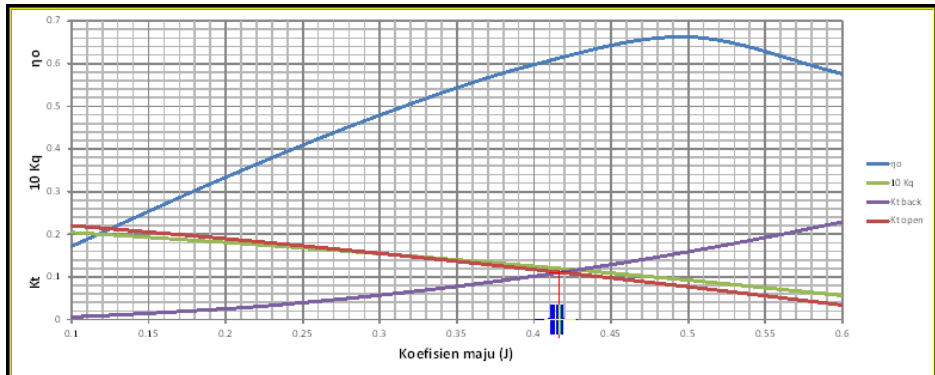
- 62) Interseksi antara kurva $K_{t_{Hull}}$ vs J dengan kurva $K_{t_{Prop}}$ vs J pada $V_s = 8$ knot dan rasio $P/D = 0.55$



Hasil interseksi:

$$\begin{aligned} J &= 0.391494 \\ K_q &= 0.010162 \\ \eta_o &= 0.59833 \end{aligned}$$

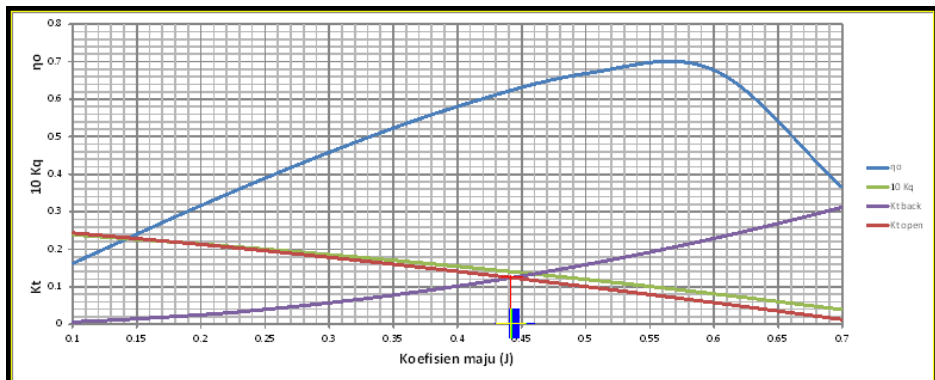
- 63) Interseksi antara kurva $K_{t_{Hull}}$ vs J dengan kurva $K_{t_{Prop}}$ vs J pada $V_s = 8$ knot dan rasio $P/D = 0.6$



Hasil interseksi:

$$\begin{aligned} J &= 0.417071 \\ Kq &= 0.011978 \\ \eta_o &= 0.61365 \end{aligned}$$

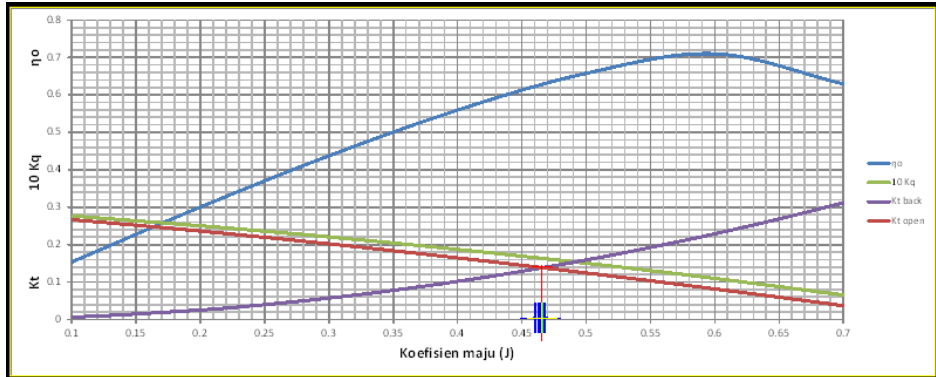
- 64) Interseksi antara kurva $K_{t_{Hull}}$ vs J dengan kurva $K_{t_{Prop}}$ vs J pada $V_s = 8$ knot dan rasio $P/D = 0.65$



Hasil interseksi:

$$\begin{aligned} J &= 0.442036 \\ Kq &= 0.014033 \\ \eta_o &= 0.62309 \end{aligned}$$

- 65) Interseksi antara kurva K_{tHull} vs J dengan kurva K_{tProp} vs J pada $V_s = 8$ knot dan rasio $P/D = 0.7$



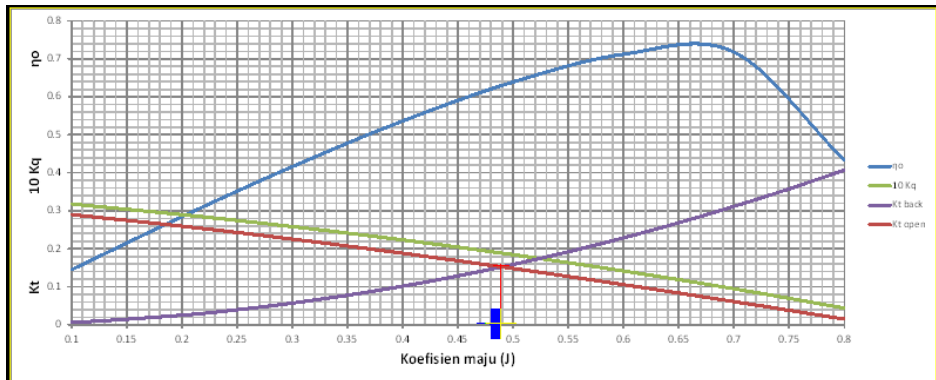
Hasil interseksi:

$$J = 0.466240$$

$$Kq = 0.016331$$

$$\eta_0 = 0.62808$$

- 66) Interseksi antara kurva K_{tHull} vs J dengan kurva K_{tProp} vs J pada $V_s = 8$ knot dan rasio $P/D = 0.75$



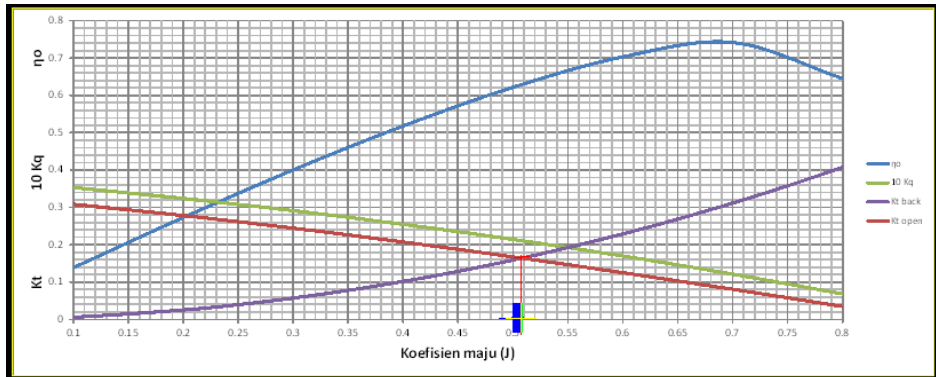
Hasil interseksi:

$$J = 0.489623$$

$$Kq = 0.018875$$

$$\eta_0 = 0.62969$$

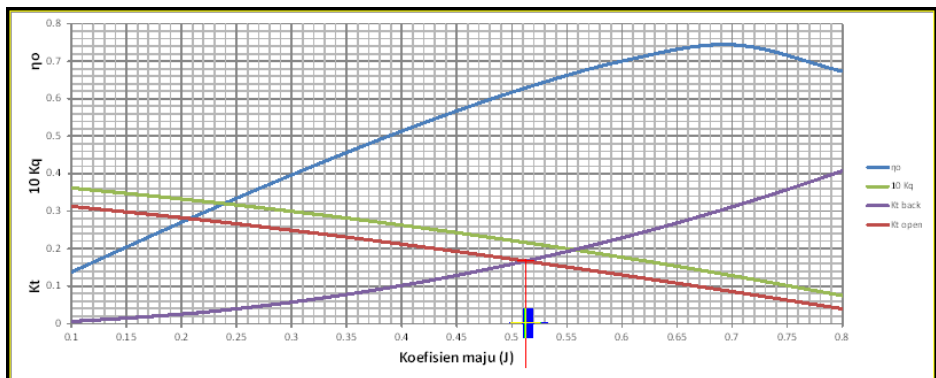
- 67) Interseksi antara kurva $K_{t_{Hull}}$ vs J dengan kurva $K_{t_{Prop}}$ vs J pada $V_s = 8$ knot dan rasio $P/D = 0.79$



Hasil interseksi:

$$\begin{aligned} J &= 0.508036 \\ Kq &= 0.021095 \\ \eta_o &= 0.62928 \end{aligned}$$

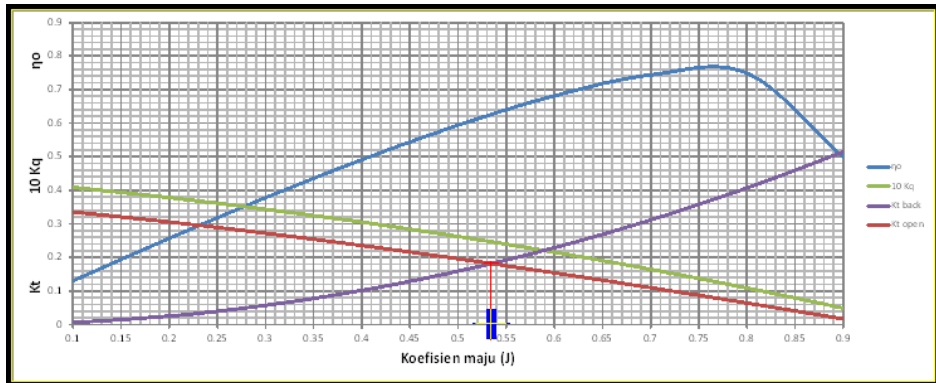
- 68) Interseksi antara kurva $K_{t_{Hull}}$ vs J dengan kurva $K_{t_{Prop}}$ vs J pada $V_s = 8$ knot dan rasio $P/D = 0.8$



Hasil interseksi:

$$\begin{aligned} J &= 0.512446 \\ Kq &= 0.021655 \\ \eta_o &= 0.62900 \end{aligned}$$

- 69) Interseksi antara kurva $K_{t_{Hull}}$ vs J dengan kurva $K_{t_{Prop}}$ vs J pada
 $V_s = 8$ knot dan rasio $P/D = 0.85$



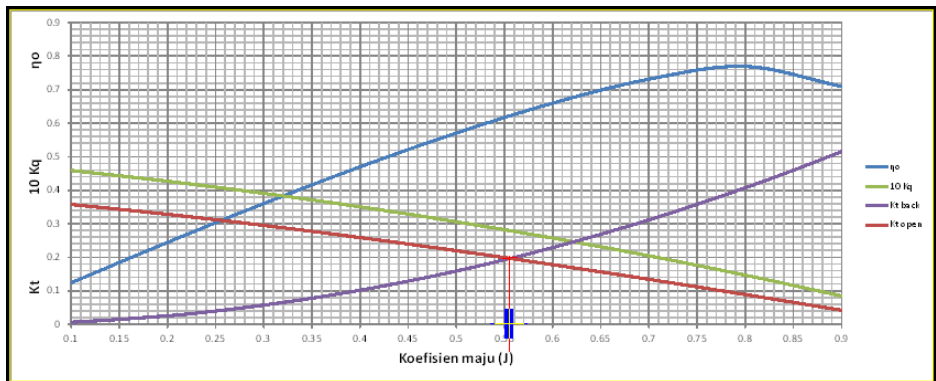
Hasil interseksi:

$$J = 0.534515$$

$$K_q = 0.024679$$

$$\eta_o = 0.62640$$

- 70) Interseksi antara kurva $K_{t_{Hull}}$ vs J dengan kurva $K_{t_{Prop}}$ vs J pada
 $V_s = 8$ knot dan rasio $P/D = 0.9$



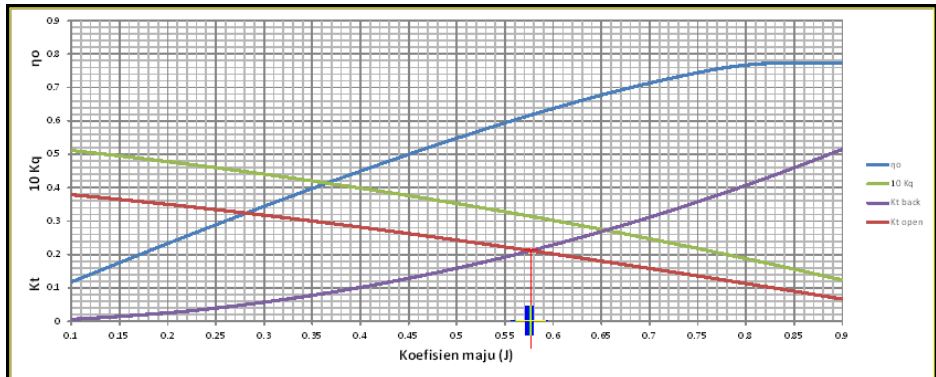
Hasil interseksi:

$$J = 0.555841$$

$$K_q = 0.027946$$

$$\eta_o = 0.62238$$

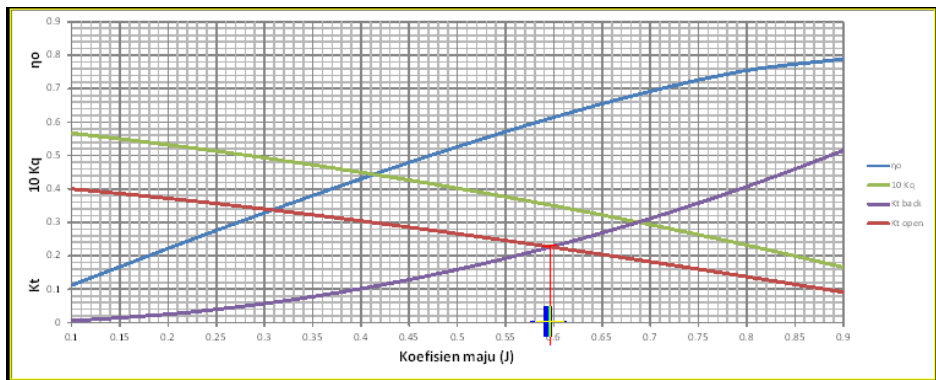
- 71) Interseksi antara kurva $K_{t_{Hull}}$ vs J dengan kurva $K_{t_{Prop}}$ vs J pada
 $V_s = 8$ knot dan rasio $P/D = 0.95$



Hasil interseksi:

$J = 0.576656$
 $K_q = 0.031441$
 $\eta_0 = 0.61749$

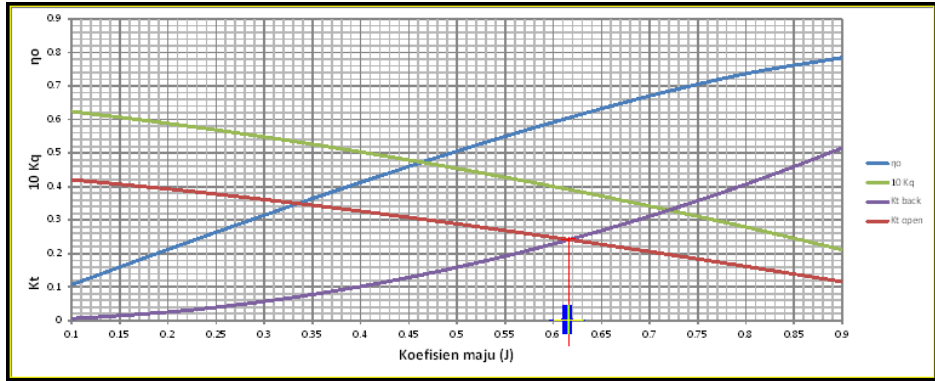
- 72) Interseksi antara kurva $K_{t_{Hull}}$ vs J dengan kurva $K_{t_{Prop}}$ vs J pada
 $V_s = 8$ knot dan rasio $P/D = 1$



Hasil interseksi:

$J = 0.596821$
 $K_q = 0.035166$
 $\eta_0 = 0.61186$

- 73) Interseksi antara kurva $K_{t_{Hull}}$ vs J dengan kurva $K_{t_{Prop}}$ vs J pada
 $V_s = 8$ knot dan rasio $P/D = 1.05$



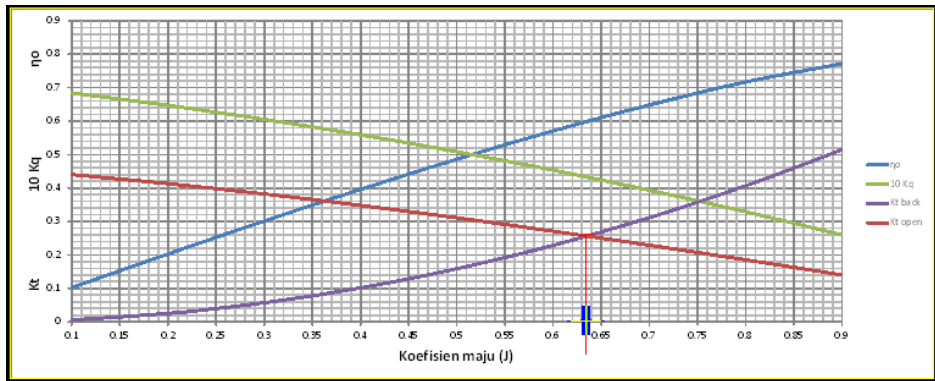
Hasil interseksi:

$$J = 0.616242$$

$$Kq = 0.039121$$

$$\eta_0 = 0.60566$$

- 74) Interseksi antara kurva $K_{t_{Hull}}$ vs J dengan kurva $K_{t_{Prop}}$ vs J pada
 $V_s = 8$ knot dan rasio $P/D = 1.1$



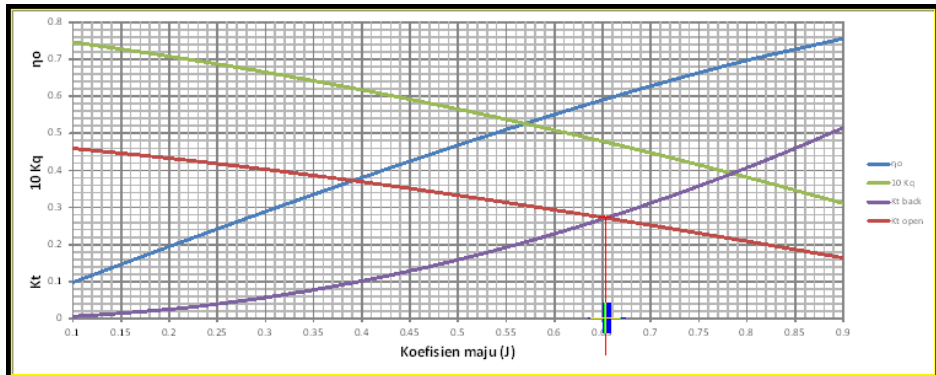
Hasil interseksi:

$$J = 0.635172$$

$$Kq = 0.043283$$

$$\eta_0 = 0.59929$$

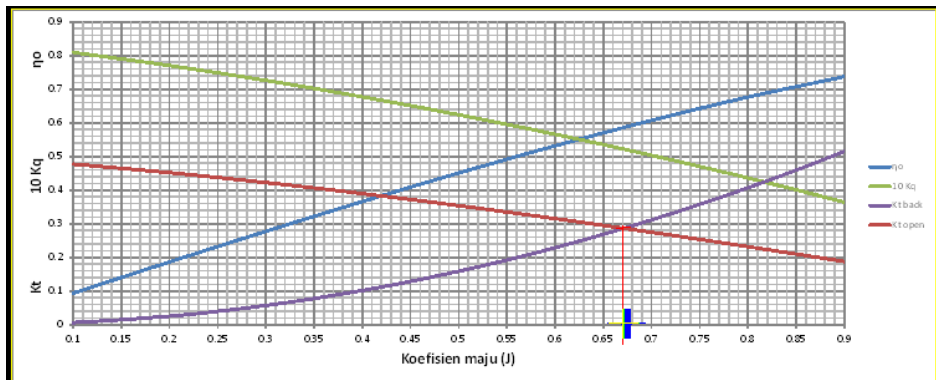
- 75) Interseksi antara kurva $K_{t_{Hull}}$ vs J dengan kurva $K_{t_{Prop}}$ vs J pada
 $V_s = 8$ knot dan rasio $P/D = 1.15$



Hasil interseksi:

$$\begin{aligned} J &= 0.653451 \\ K_q &= 0.047651 \\ \eta_o &= 0.59279 \end{aligned}$$

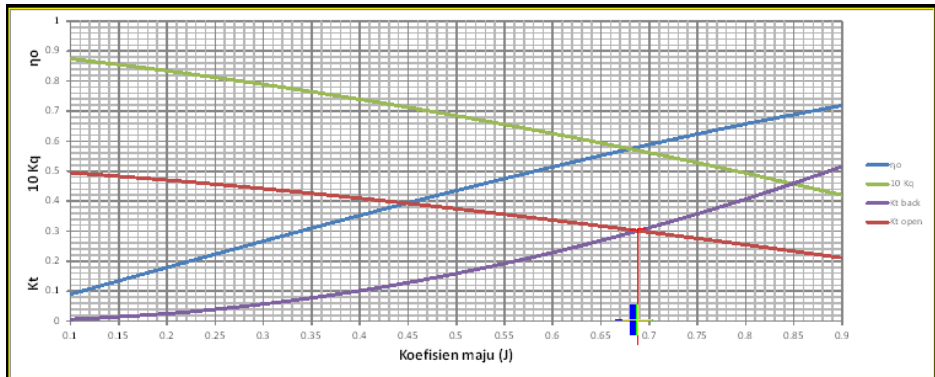
- 76) Interseksi antara kurva $K_{t_{Hull}}$ vs J dengan kurva $K_{t_{Prop}}$ vs J pada
 $V_s = 8$ knot dan rasio $P/D = 1.2$



Hasil interseksi:

$$\begin{aligned} J &= 0.671196 \\ K_q &= 0.052203 \\ \eta_o &= 0.58640 \end{aligned}$$

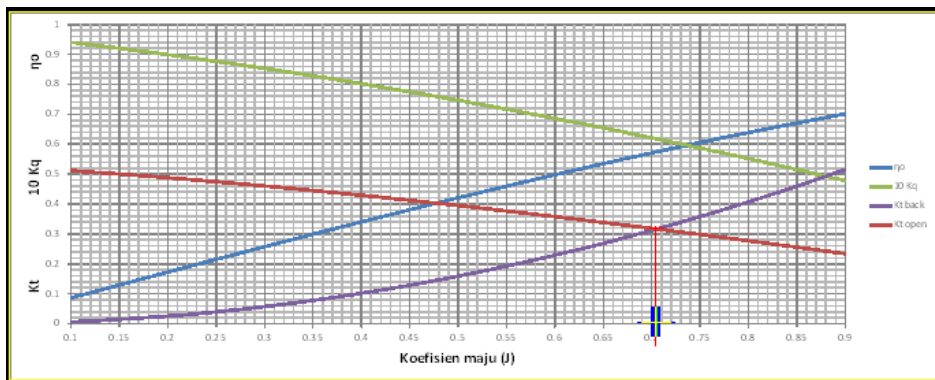
- 77) Interseksi antara kurva K_{tHull} vs J dengan kurva K_{tProp} vs J pada
 $V_s = 8$ knot dan rasio $P/D = 1.25$



Hasil interseksi:

$$\begin{aligned} J &= 0.688467 \\ K_q &= 0.056918 \\ \eta_o &= 0.58032 \end{aligned}$$

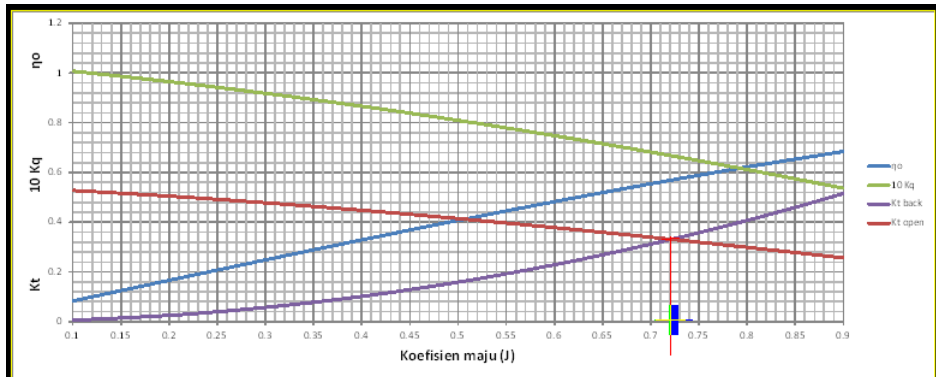
- 78) Interseksi antara kurva K_{tHull} vs J dengan kurva K_{tProp} vs J pada
 $V_s = 8$ knot dan rasio $P/D = 1.3$



Hasil interseksi:

$$\begin{aligned} J &= 0.705177 \\ K_q &= 0.061779 \\ \eta_o &= 0.57462 \end{aligned}$$

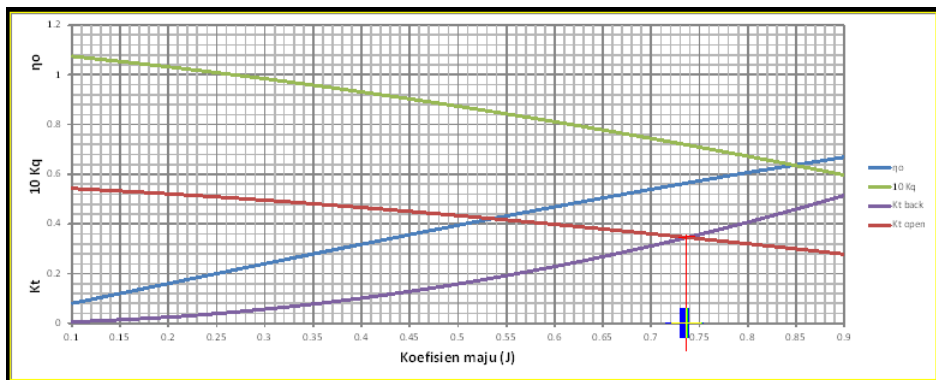
- 79) Interseksi antara kurva K_{tHull} vs J dengan kurva K_{tProp} vs J pada $V_s = 8$ knot dan rasio $P/D = 1.35$



Hasil interseksi:

$$\begin{aligned} J &= 0.721497 \\ Kq &= 0.066750 \\ \eta_0 &= 0.56957 \end{aligned}$$

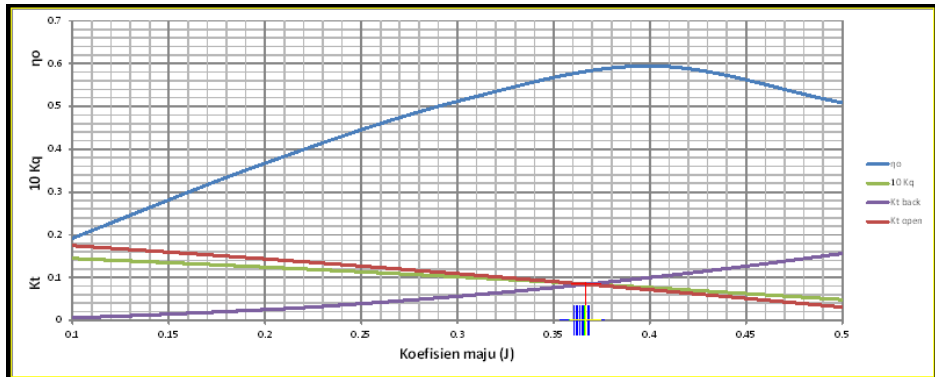
- 80) Interseksi antara kurva K_{tHull} vs J dengan kurva K_{tProp} vs J pada $V_s = 8$ knot dan rasio $P/D = 1.4$



Hasil interseksi:

$$\begin{aligned} J &= 0.737297 \\ Kq &= 0.071807 \\ \eta_0 &= 0.56522 \end{aligned}$$

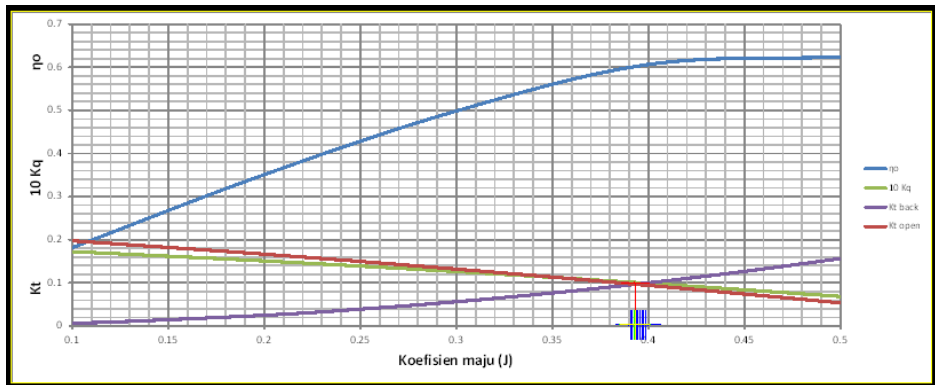
- 81) Interseksi antara kurva K_{tHull} vs J dengan kurva K_{tProp} vs J pada $V_s = 9$ knot dan rasio $P/D = 0.5$



Hasil interseksi:

$$\begin{aligned} J &= 0.366918 \\ Kq &= 0.008521 \\ \eta_o &= 0.57765 \end{aligned}$$

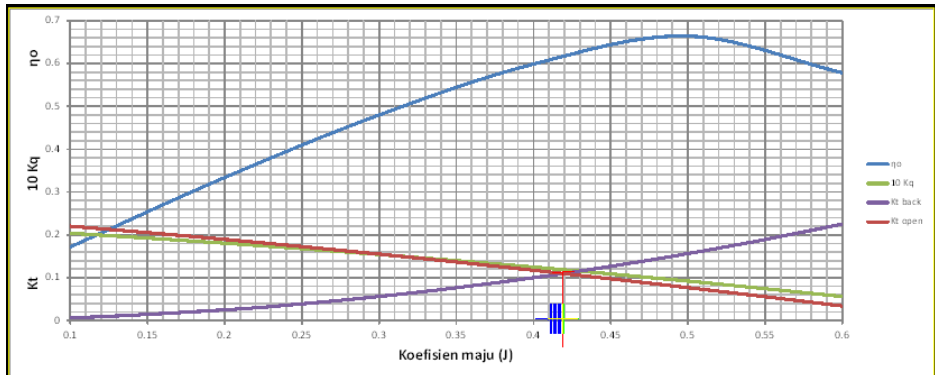
- 82) Interseksi antara kurva K_{tHull} vs J dengan kurva K_{tProp} vs J pada $V_s = 9$ knot dan rasio $P/D = 0.55$



Hasil interseksi:

$$\begin{aligned} J &= 0.393411 \\ Kq &= 0.010085 \\ \eta_o &= 0.60126 \end{aligned}$$

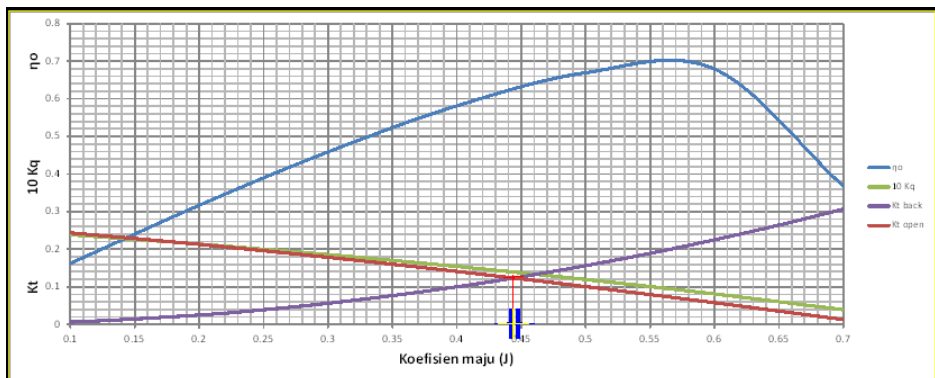
- 83) Interseksi antara kurva $K_{t_{Hull}}$ vs J dengan kurva $K_{t_{Prop}}$ vs J pada
 $V_s = 9$ knot dan rasio $P/D = 0.6$



Hasil interseksi:

$$\begin{aligned} J &= 0.419156 \\ Kq &= 0.011890 \\ \eta_o &= 0.61671 \end{aligned}$$

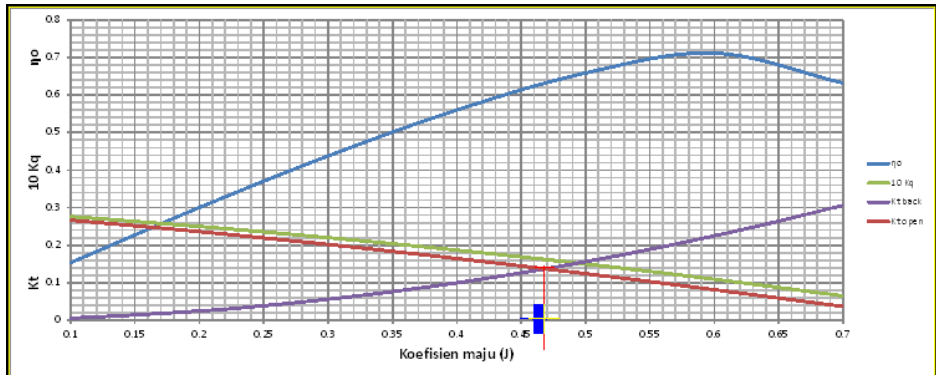
- 84) Interseksi antara kurva $K_{t_{Hull}}$ vs J dengan kurva $K_{t_{Prop}}$ vs J pada
 $V_s = 9$ knot dan rasio $P/D = 0.65$



Hasil interseksi:

$$\begin{aligned} J &= 0.444205 \\ Kq &= 0.013936 \\ \eta_o &= 0.62617 \end{aligned}$$

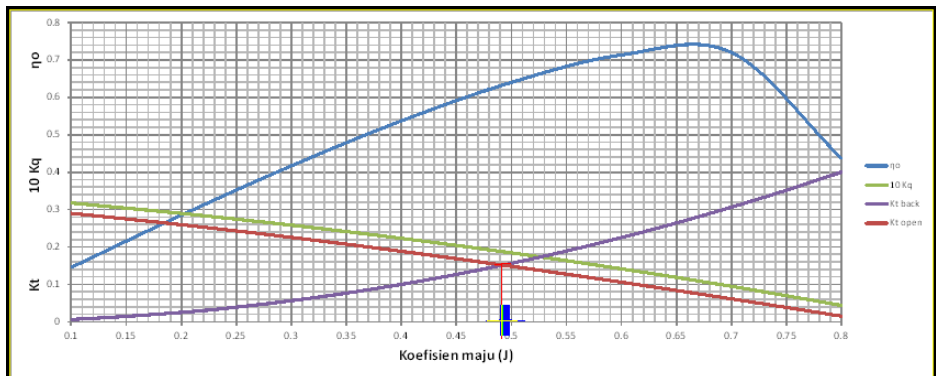
- 85) Interseksi antara kurva $K_{t_{Hull}}$ vs J dengan kurva $K_{t_{Prop}}$ vs J pada
 $V_s = 9$ knot dan rasio $P/D = 0.7$



Hasil interseksi:

$$\begin{aligned} J &= 0.468575 \\ K_q &= 0.016221 \\ \eta_o &= 0.63122 \end{aligned}$$

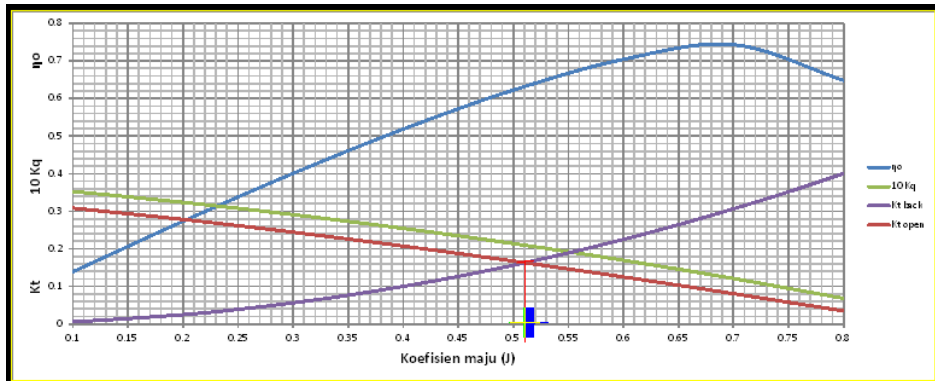
- 86) Interseksi antara kurva $K_{t_{Hull}}$ vs J dengan kurva $K_{t_{Prop}}$ vs J pada
 $V_s = 9$ knot dan rasio $P/D = 0.75$



Hasil interseksi:

$$\begin{aligned} J &= 0.492162 \\ K_q &= 0.018750 \\ \eta_o &= 0.63290 \end{aligned}$$

- 87) Interseksi antara kurva $K_{t_{Hull}}$ vs J dengan kurva $K_{t_{Prop}}$ vs J pada $V_s = 9$ knot dan rasio $P/D = 0.79$



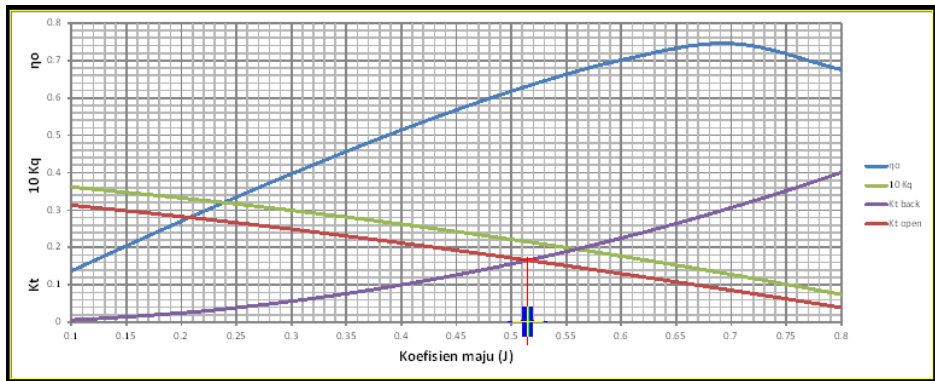
Hasil interseksi:

$$J = 0.510706$$

$$Kq = 0.020958$$

$$\eta_0 = 0.63250$$

- 88) Interseksi antara kurva $K_{t_{Hull}}$ vs J dengan kurva $K_{t_{Prop}}$ vs J pada $V_s = 9$ knot dan rasio $P/D = 0.8$



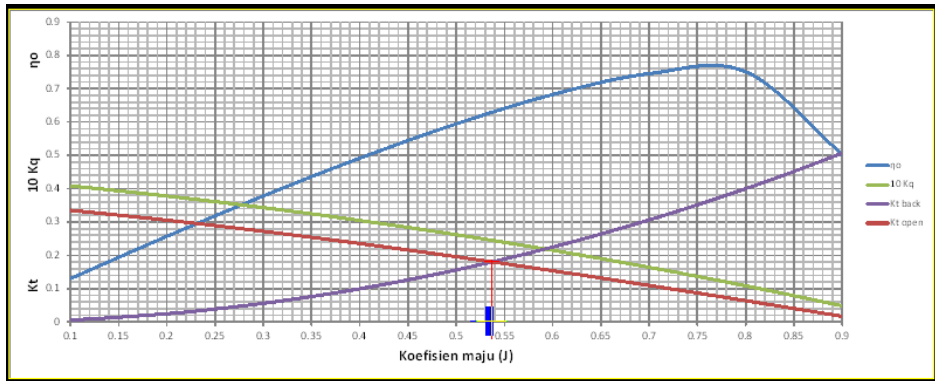
Hasil interseksi:

$$J = 0.515128$$

$$Kq = 0.021517$$

$$\eta_0 = 0.63220$$

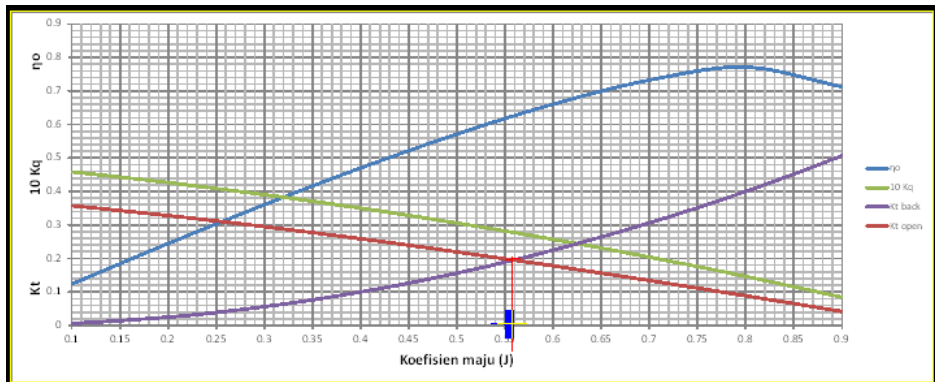
- 89) Interseksi antara kurva $K_{t_{Hull}}$ vs J dengan kurva $K_{t_{Prop}}$ vs J pada $V_s = 9$ knot dan rasio $P/D = 0.85$



Hasil interseksi:

$$\begin{aligned} J &= 0.537353 \\ Kq &= 0.024526 \\ \eta_o &= 0.62962 \end{aligned}$$

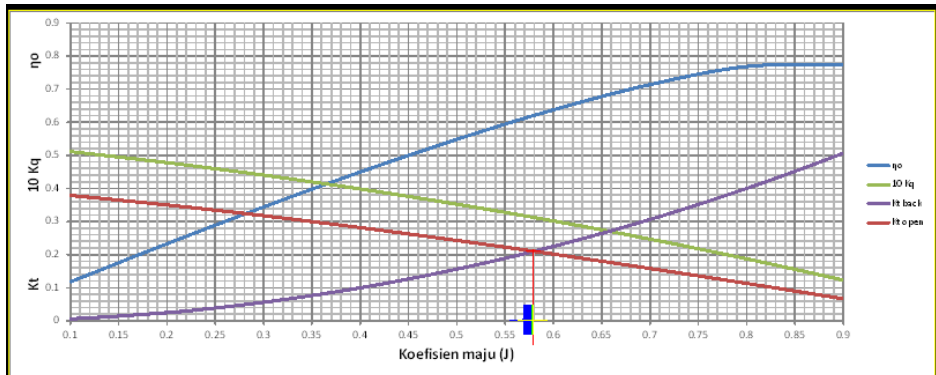
- 90) Interseksi antara kurva $K_{t_{Hull}}$ vs J dengan kurva $K_{t_{Prop}}$ vs J pada $V_s = 9$ knot dan rasio $P/D = 0.9$



Hasil interseksi:

$$\begin{aligned} J &= 0.558803 \\ Kq &= 0.027779 \\ \eta_o &= 0.62557 \end{aligned}$$

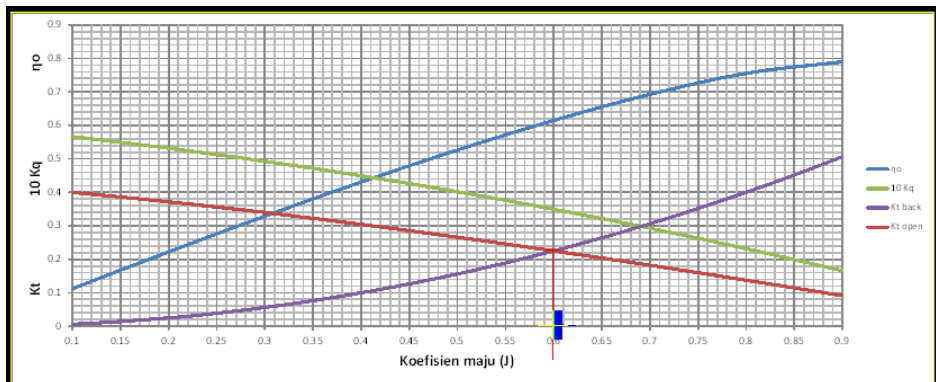
- 91) Interseksi antara kurva $K_{t_{Hull}}$ vs J dengan kurva $K_{t_{Prop}}$ vs J pada $V_s = 9$ knot dan rasio $P/D = 0.95$



Hasil interseksi:

$$\begin{aligned} J &= 0.579796 \\ Kq &= 0.031257 \\ \eta_o &= 0.62069 \end{aligned}$$

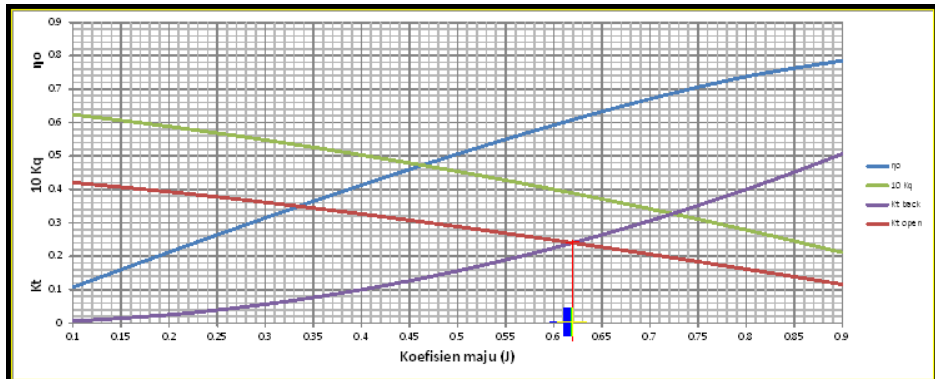
- 92) Interseksi antara kurva $K_{t_{Hull}}$ vs J dengan kurva $K_{t_{Prop}}$ vs J pada $V_s = 9$ knot dan rasio $P/D = 1$



Hasil interseksi:

$$\begin{aligned} J &= 0.600197 \\ Kq &= 0.034962 \\ \eta_o &= 0.61512 \end{aligned}$$

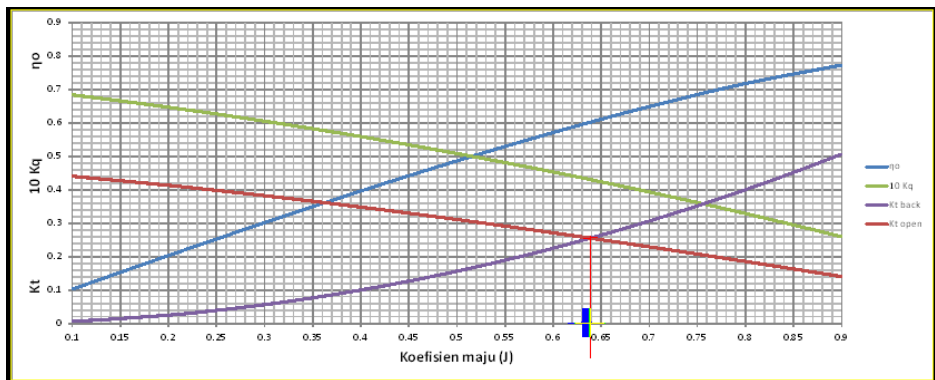
- 93) Interseksi antara kurva K_{tHull} vs J dengan kurva K_{tProp} vs J pada $V_s = 9$ knot dan rasio $P/D = 1.05$



Hasil interseksi:

$$\begin{aligned} J &= 0.619664 \\ Kq &= 0.038907 \\ \eta_0 &= 0.60883 \end{aligned}$$

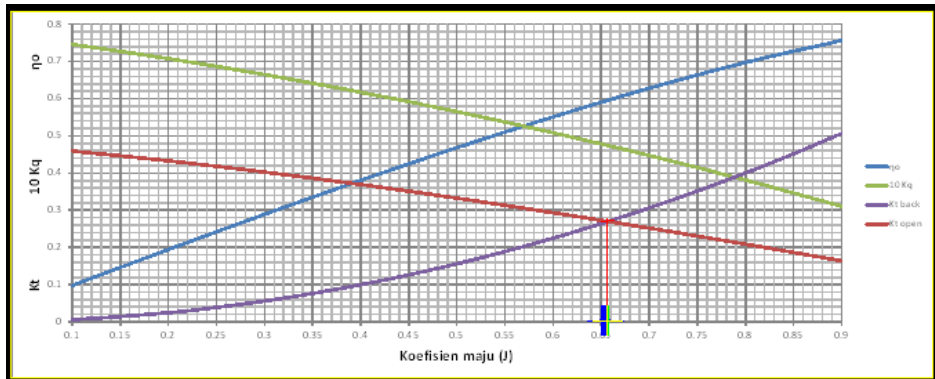
- 94) Interseksi antara kurva K_{tHull} vs J dengan kurva K_{tProp} vs J pada $V_s = 9$ knot dan rasio $P/D = 1.1$



Hasil interseksi:

$$\begin{aligned} J &= 0.638718 \\ Kq &= 0.043054 \\ \eta_0 &= 0.60243 \end{aligned}$$

- 95) Interseksi antara kurva K_{tHull} vs J dengan kurva K_{tProp} vs J pada $V_s = 9$ knot dan rasio $P/D = 1.15$



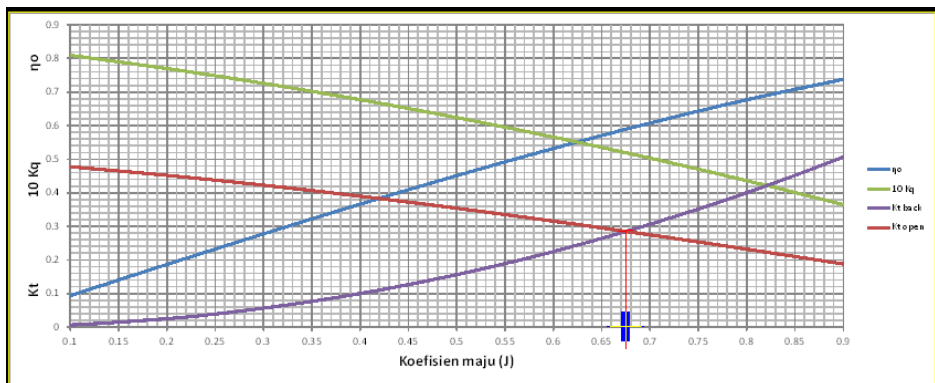
Hasil interseksi:

$$J = 0.657187$$

$$K_q = 0.047403$$

$$\eta_o = 0.59595$$

- 96) Interseksi antara kurva K_{tHull} vs J dengan kurva K_{tProp} vs J pada $V_s = 9$ knot dan rasio $P/D = 1.2$



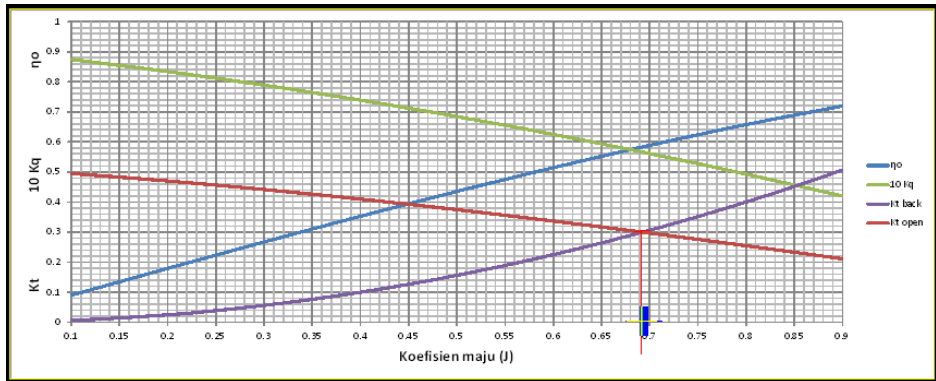
Hasil interseksi:

$$J = 0.675061$$

$$K_q = 0.051940$$

$$\eta_o = 0.58954$$

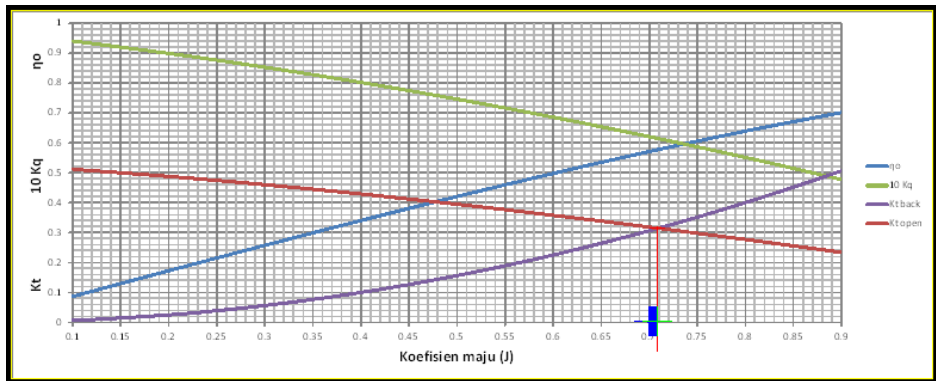
- 97) Interseksi antara kurva $K_{t_{Hull}}$ vs J dengan kurva $K_{t_{Prop}}$ vs J pada
 $V_s = 9$ knot dan rasio $P/D = 1.25$



Hasil interseksi:

$J = 0.692462$
 $K_q = 0.056639$
 $\eta_o = 0.58345$

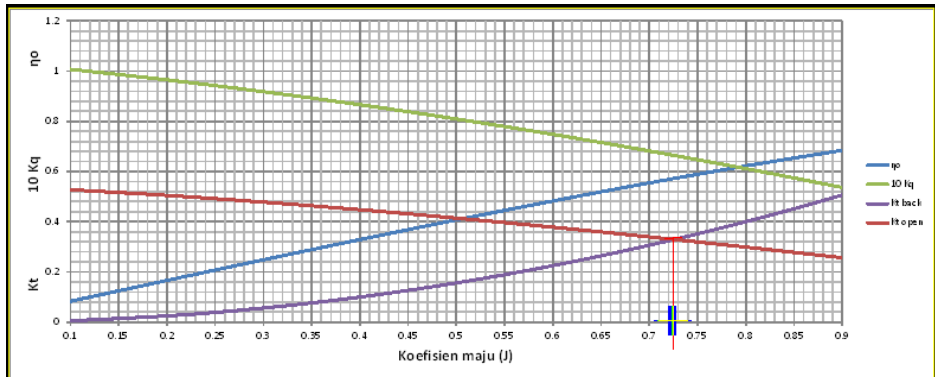
- 98) Interseksi antara kurva $K_{t_{Hull}}$ vs J dengan kurva $K_{t_{Prop}}$ vs J pada
 $V_s = 9$ knot dan rasio $P/D = 1.3$



Hasil interseksi:

$J = 0.709299$
 $K_q = 0.061485$
 $\eta_o = 0.57774$

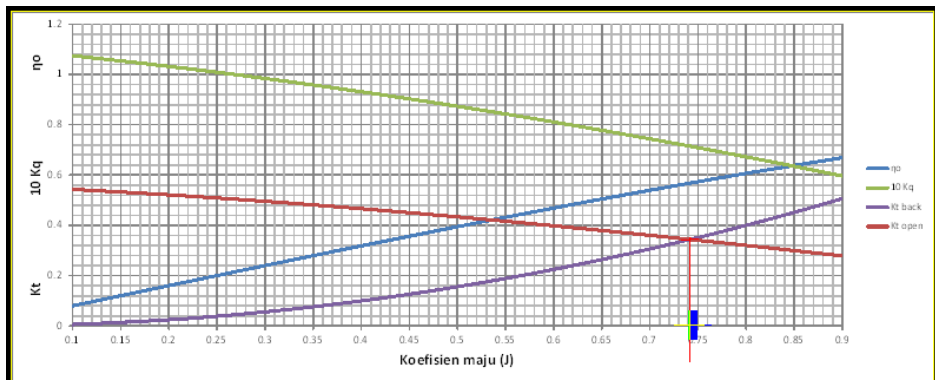
- 99) Interseksi antara kurva K_{tHull} vs J dengan kurva K_{tProp} vs J pada $V_s = 9$ knot dan rasio $P/D = 1.35$



Hasil interseksi:

$$\begin{aligned} J &= 0.725808 \\ K_q &= 0.066435 \\ \eta_p &= 0.57273 \end{aligned}$$

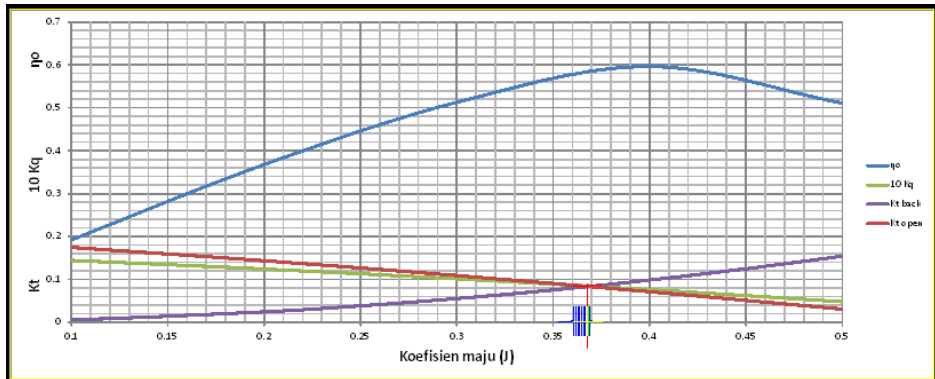
- 100) Interseksi antara kurva K_{tHull} vs J dengan kurva K_{tProp} vs J pada $V_s = 9$ knot dan rasio $P/D = 1.4$



Hasil interseksi:

$$\begin{aligned} J &= 0.741782 \\ K_q &= 0.071473 \\ \eta_p &= 0.56841 \end{aligned}$$

101) Interseksi antara kurva K_{tHull} vs J dengan kurva K_{tProp} vs J pada
 $V_s = 10$ knot dan rasio $P/D = 0.5$



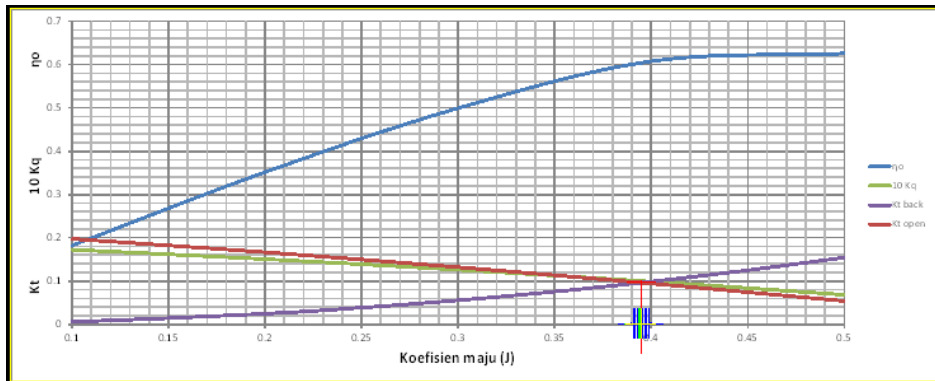
Hasil interseksi:

$J = 0.368262$

$K_q = 0.008468$

$\eta_o = 0.57991$

102) Interseksi antara kurva K_{tHull} vs J dengan kurva K_{tProp} vs J pada
 $V_s = 10$ knot dan rasio $P/D = 0.55$



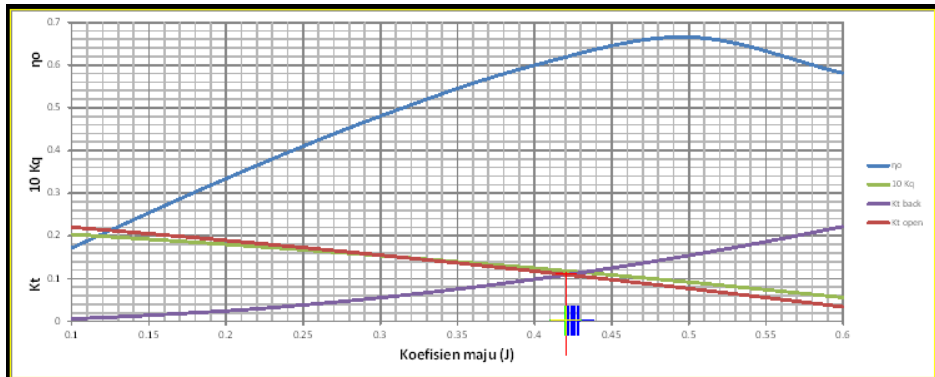
Hasil interseksi:

$J = 0.394943$

$K_q = 0.010022$

$\eta_o = 0.60371$

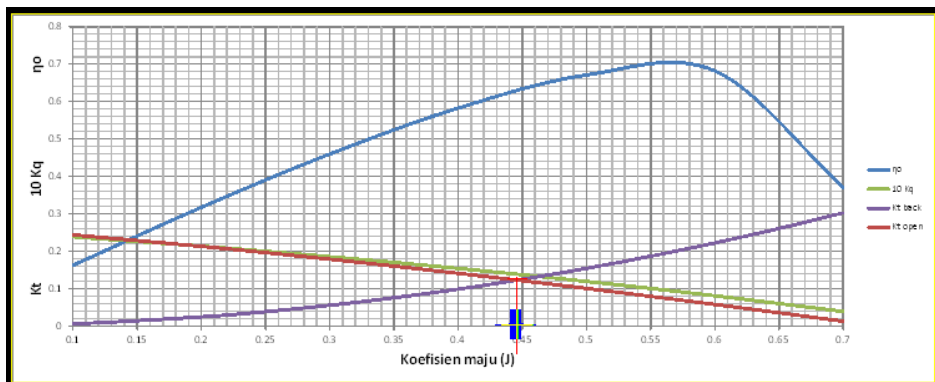
- 103) Interseksi antara kurva K_{tHull} vs J dengan kurva K_{tProp} vs J pada
 $V_s = 10$ knot dan rasio $P/D = 0.6$



Hasil interseksi:

$$\begin{aligned} J &= 0.42076 \\ K_q &= 0.011820 \\ \eta_o &= 0.61921 \end{aligned}$$

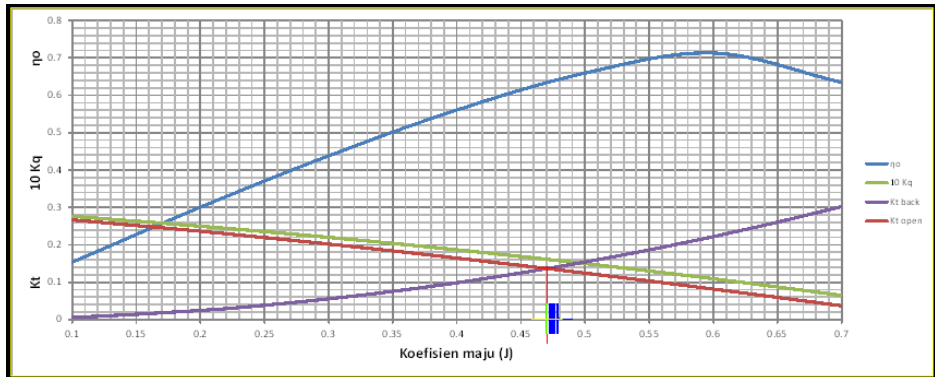
- 104) Interseksi antara kurva K_{tHull} vs J dengan kurva K_{tProp} vs J pada
 $V_s = 10$ knot dan rasio $P/D = 0.65$



Hasil interseksi:

$$\begin{aligned} J &= 0.446002 \\ K_q &= 0.013854 \\ \eta_o &= 0.62877 \end{aligned}$$

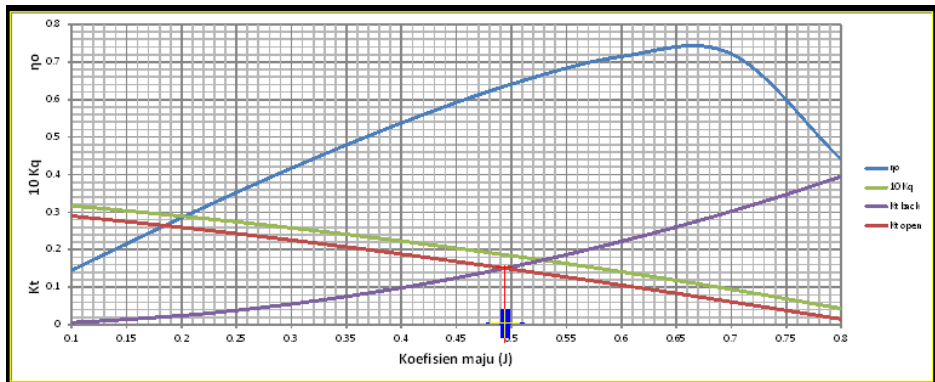
- 105) Interseksi antara kurva K_{tHull} vs J dengan kurva K_{tProp} vs J pada $V_s = 10$ knot dan rasio $P/D = 0.7$



Hasil interseksi:

$$\begin{aligned} J &= 0.470496 \\ K_q &= 0.016129 \\ \eta_o &= 0.63385 \end{aligned}$$

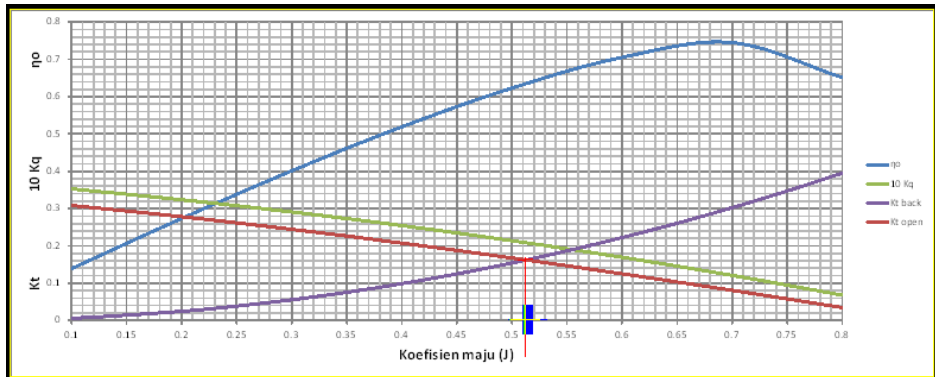
- 106) Interseksi antara kurva K_{tHull} vs J dengan kurva K_{tProp} vs J pada $V_s = 10$ knot dan rasio $P/D = 0.75$



Hasil interseksi:

$$\begin{aligned} J &= 0.494187 \\ K_q &= 0.018648 \\ \eta_o &= 0.63553 \end{aligned}$$

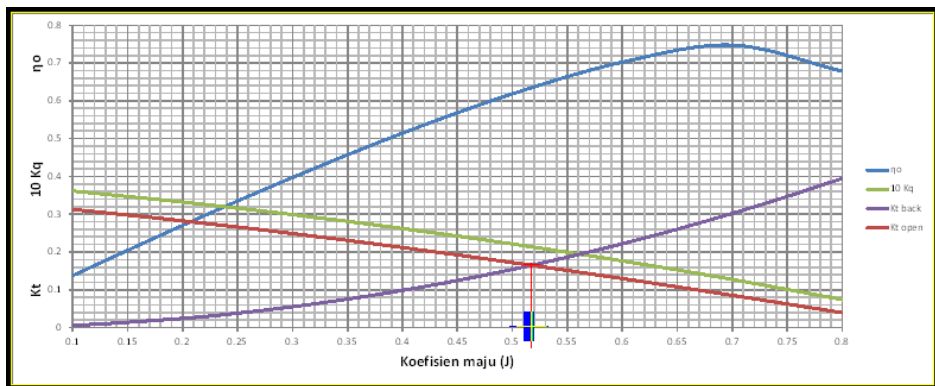
- 107) Interseksi antara kurva K_{tHull} vs J dengan kurva K_{tProp} vs J pada
 $V_s = 10$ knot dan rasio $P/D = 0.79$



Hasil interseksi:

$$\begin{aligned} J &= 0.512796 \\ Kq &= 0.020849 \\ \eta_o &= 0.63510 \end{aligned}$$

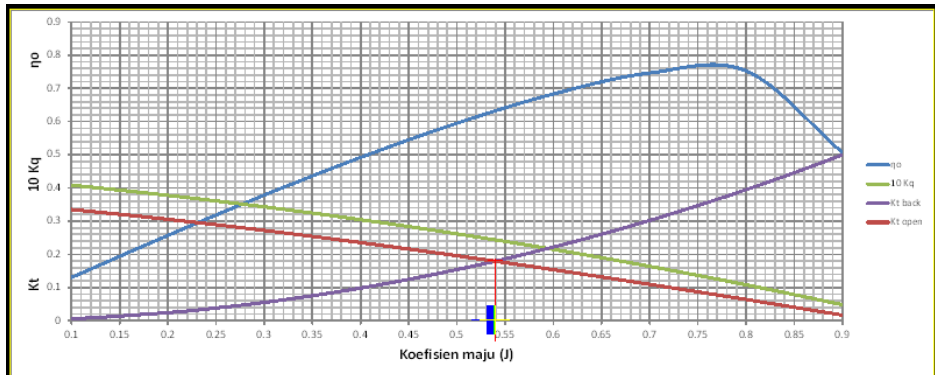
- 108) Interseksi antara kurva K_{tHull} vs J dengan kurva K_{tProp} vs J pada
 $V_s = 10$ knot dan rasio $P/D = 0.8$



Hasil interseksi:

$$\begin{aligned} J &= 0.51723 \\ Kq &= 0.021406 \\ \eta_o &= 0.63479 \end{aligned}$$

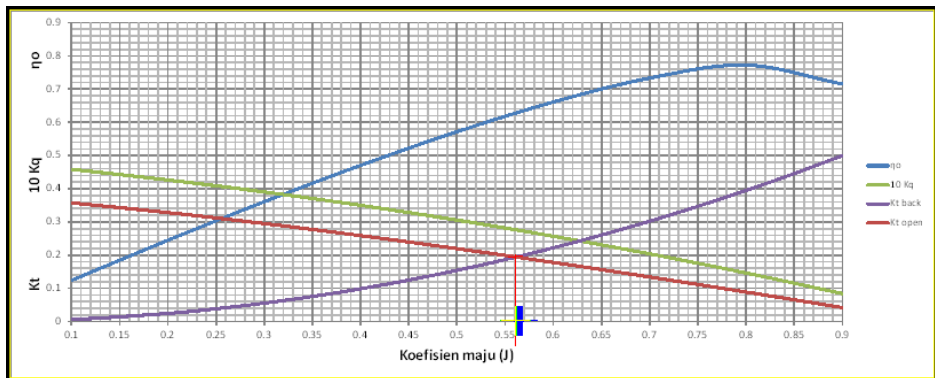
- 109) Interseksi antara kurva $K_{t_{Hull}}$ vs J dengan kurva $K_{t_{Prop}}$ vs J pada
 $V_s = 10$ knot dan rasio $P/D = 0.85$



Hasil interseksi:

$$\begin{aligned} J &= 0.53959 \\ Kq &= 0.024404 \\ \eta_0 &= 0.63221 \end{aligned}$$

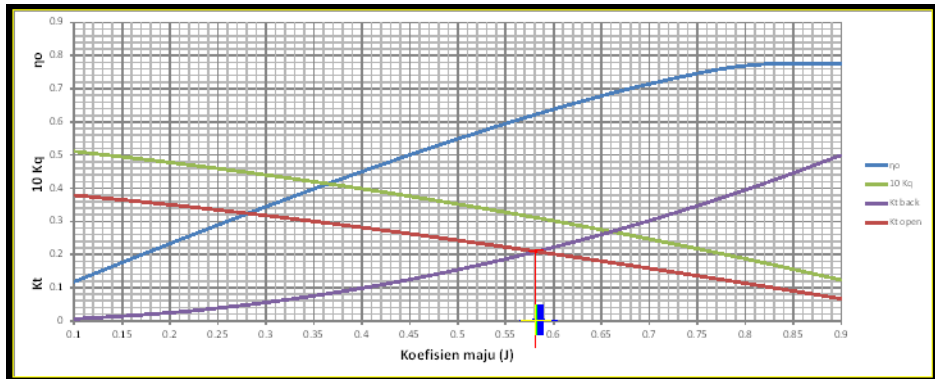
- 110) Interseksi antara kurva $K_{t_{Hull}}$ vs J dengan kurva $K_{t_{Prop}}$ vs J pada
 $V_s = 10$ knot dan rasio $P/D = 0.9$



Hasil interseksi:

$$\begin{aligned} J &= 0.561222 \\ Kq &= 0.027642 \\ \eta_0 &= 0.62820 \end{aligned}$$

- 111) Interseksi antara kurva K_{tHull} vs J dengan kurva K_{tProp} vs J pada
 $V_s = 10$ knot dan rasio $P/D = 0.95$



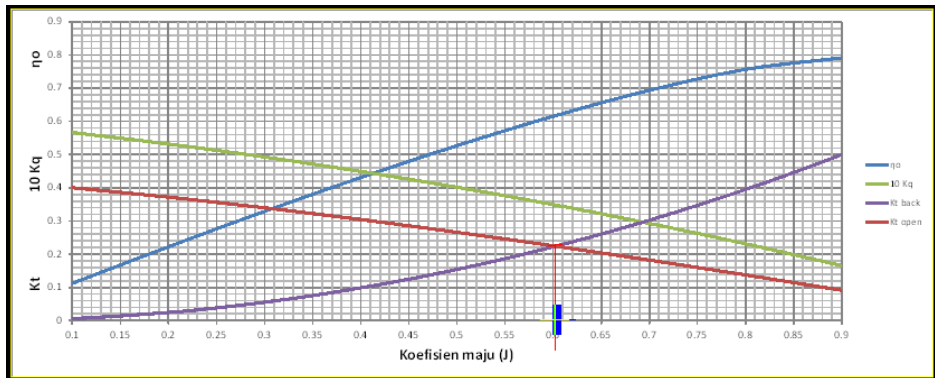
Hasil interseksi:

$$J = 0.582216$$

$$Kq = 0.031114$$

$$\eta_o = 0.62320$$

- 112) Interseksi antara kurva K_{tHull} vs J dengan kurva K_{tProp} vs J pada
 $V_s = 10$ knot dan rasio $P/D = 1$



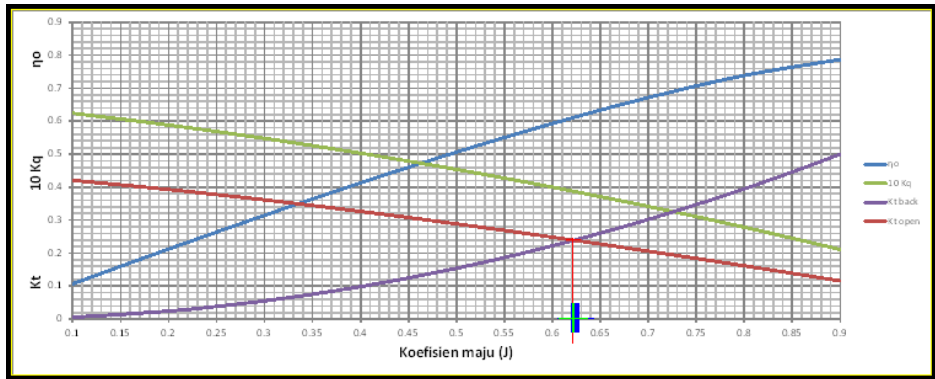
Hasil interseksi:

$$J = 0.602693$$

$$Kq = 0.034808$$

$$\eta_o = 0.61759$$

- 113) Interseksi antara kurva K_{tHull} vs J dengan kurva K_{tProp} vs J pada
 $V_s = 10$ knot dan rasio $P/D = 1.05$



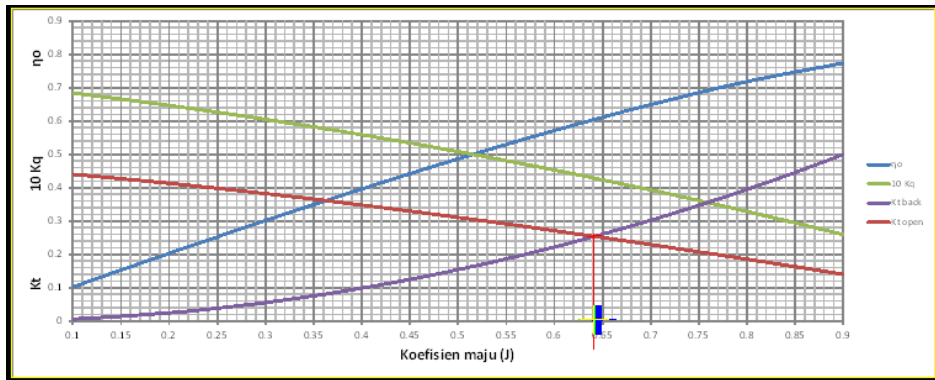
Hasil interseksi:

$$J = 0.622399$$

$$Kq = 0.038734$$

$$\eta_0 = 0.61138$$

- 114) Interseksi antara kurva K_{tHull} vs J dengan kurva K_{tProp} vs J pada
 $V_s = 10$ knot dan rasio $P/D = 1.1$



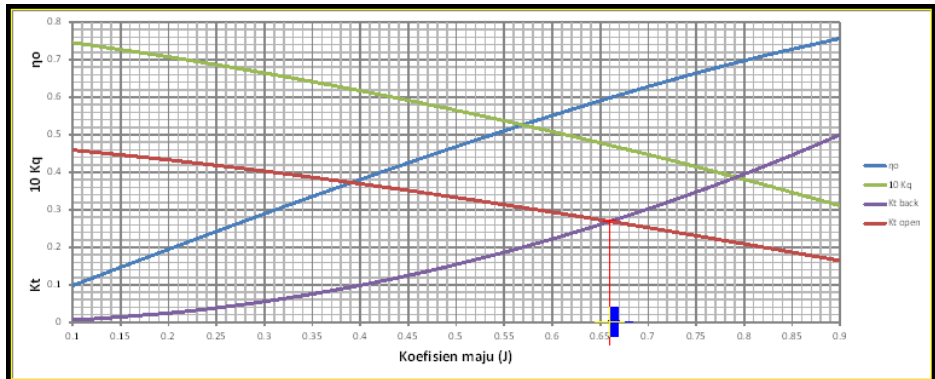
Hasil interseksi:

$$J = 0.641497$$

$$Kq = 0.042873$$

$$\eta_0 = 0.60491$$

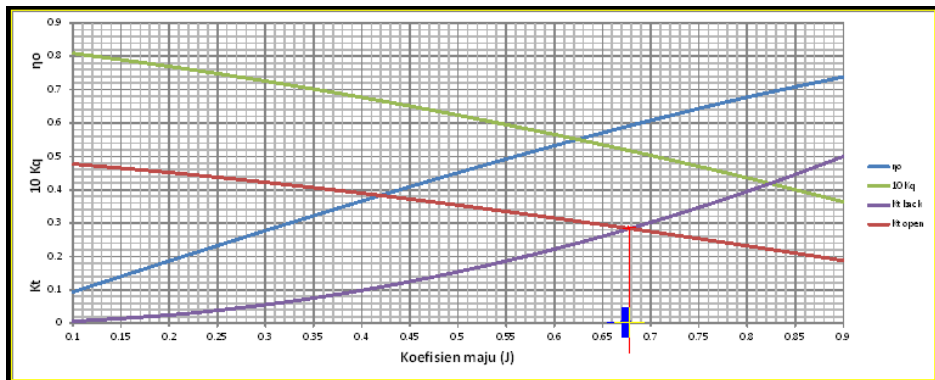
115) Interseksi antara kurva K_{tHull} vs J dengan kurva K_{tProp} vs J pada
 $V_s = 10$ knot dan rasio $P/D = 1.15$



Hasil interseksi:

$J = 0.660223$
 $Kq = 0.047200$
 $\eta_0 = 0.59853$

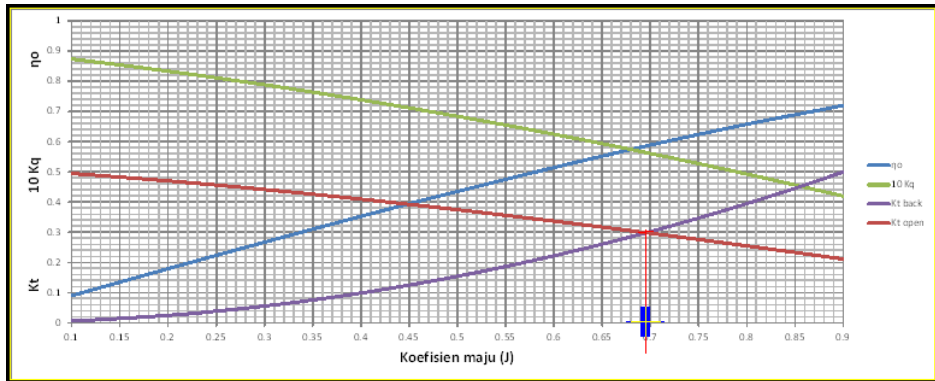
116) Interseksi antara kurva K_{tHull} vs J dengan kurva K_{tProp} vs J pada
 $V_s = 10$ knot dan rasio $P/D = 1.2$



Hasil interseksi:

$J = 0.678069$
 $Kq = 0.051733$
 $\eta_0 = 0.59201$

- 117) Interseksi antara kurva $K_{t_{Hull}}$ vs J dengan kurva $K_{t_{Prop}}$ vs J pada
 $V_s = 10$ knot dan rasio $P/D = 1.25$



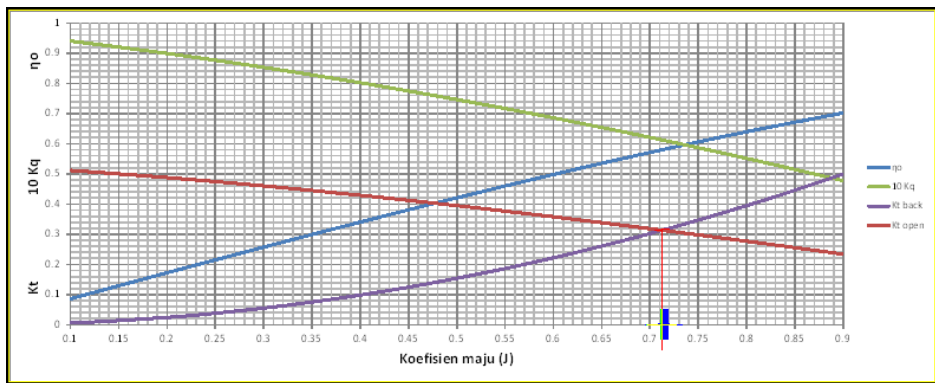
Hasil interseksi:

$$J = 0.695645$$

$$Kq = 0.056415$$

$$\eta_o = 0.58596$$

- 118) Interseksi antara kurva $K_{t_{Hull}}$ vs J dengan kurva $K_{t_{Prop}}$ vs J pada
 $V_s = 10$ knot dan rasio $P/D = 1.3$



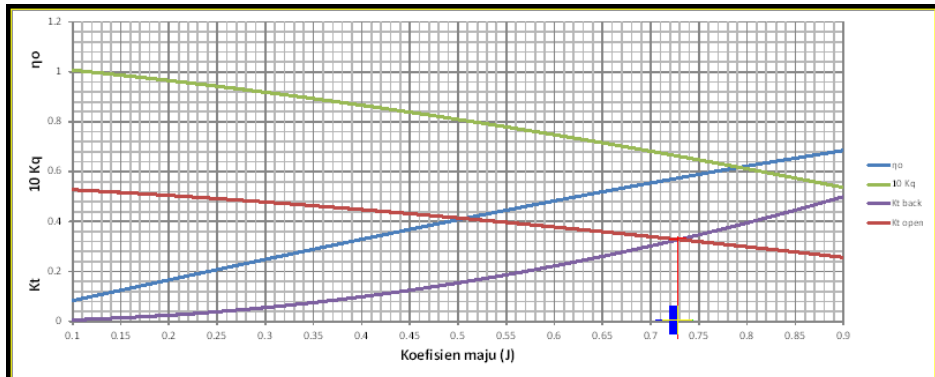
Hasil interseksi:

$$J = 0.71259$$

$$Kq = 0.061248$$

$$\eta_o = 0.58024$$

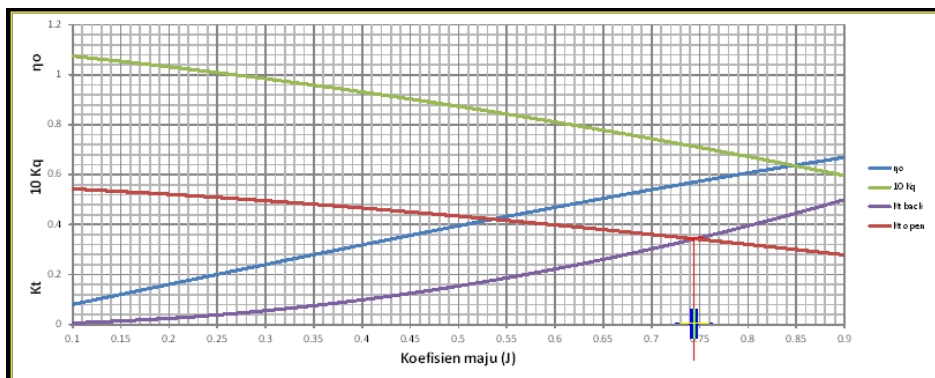
- 119) Interseksi antara kurva K_{tHull} vs J dengan kurva K_{tProp} vs J pada
 $V_s = 10$ knot dan rasio $P/D = 1.35$



Hasil interseksi:

$$\begin{aligned} J &= 0.729132 \\ Kq &= 0.066190 \\ \eta_0 &= 0.57518 \end{aligned}$$

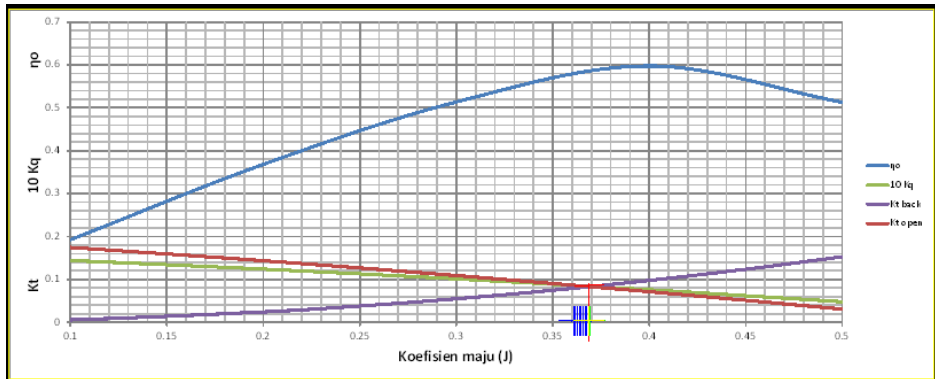
- 120) Interseksi antara kurva K_{tHull} vs J dengan kurva K_{tProp} vs J pada
 $V_s = 10$ knot dan rasio $P/D = 1.4$



Hasil interseksi:

$$\begin{aligned} J &= 0.74528 \\ Kq &= 0.071210 \\ \eta_0 &= 0.57091 \end{aligned}$$

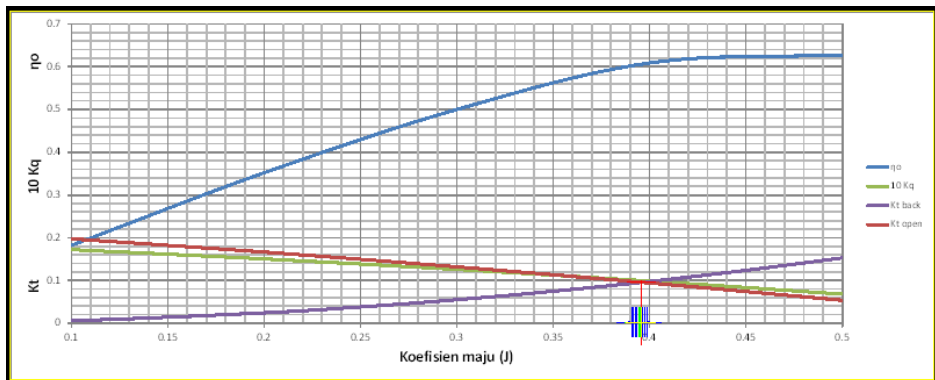
121) Interseksi antara kurva K_{tHull} vs J dengan kurva K_{tProp} vs J pada
 $V_s = 11$ knot dan rasio $P/D = 0.5$



Hasil interseksi:

$J = 0.36918$
 $K_q = 0.008428$
 $\eta_o = 0.58172$

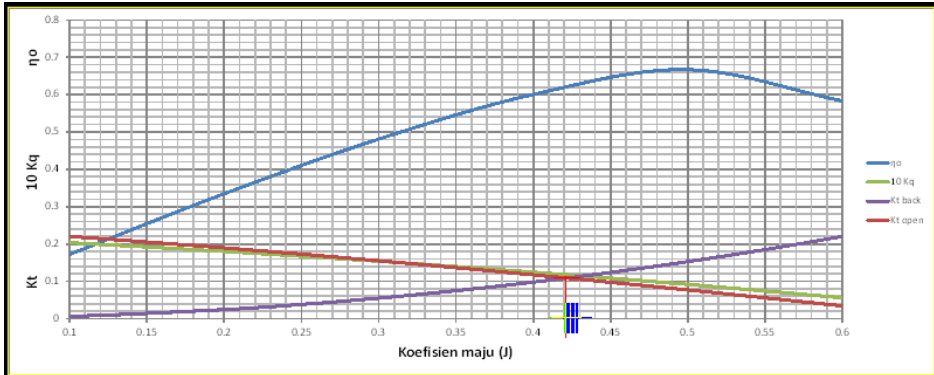
122) Interseksi antara kurva K_{tHull} vs J dengan kurva K_{tProp} vs J pada
 $V_s = 11$ knot dan rasio $P/D = 0.55$



Hasil interseksi:

$J = 0.39594$
 $K_q = 0.009977$
 $\eta_o = 0.60560$

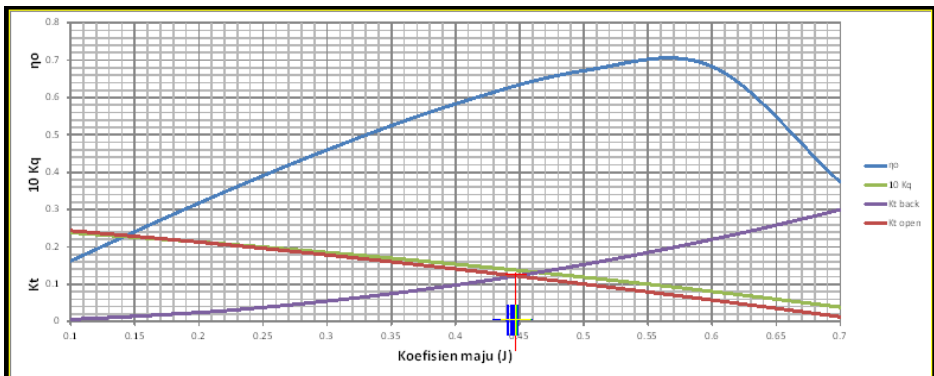
- 123) Interseksi antara kurva K_{tHull} vs J dengan kurva K_{tProp} vs J pada $V_s = 11$ knot dan rasio $P/D = 0.6$



Hasil interseksi:

$$\begin{aligned} J &= 0.4218595 \\ Kq &= 0.011769 \\ \eta_o &= 0.62114 \end{aligned}$$

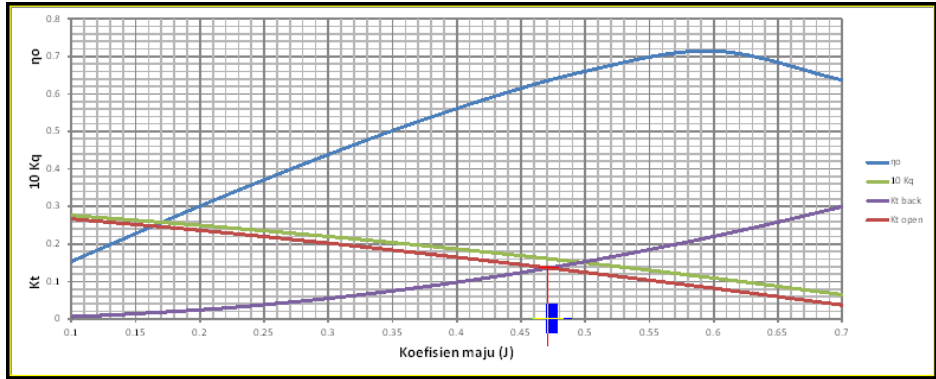
- 124) Interseksi antara kurva K_{tHull} vs J dengan kurva K_{tProp} vs J pada $V_s = 11$ knot dan rasio $P/D = 0.65$



Hasil interseksi:

$$\begin{aligned} J &= 0.4471775 \\ Kq &= 0.013796 \\ \eta_o &= 0.63071 \end{aligned}$$

- 125) Interseksi antara kurva K_{tHull} vs J dengan kurva K_{tProp} vs J pada $V_s = 11$ knot dan rasio $P/D = 0.7$



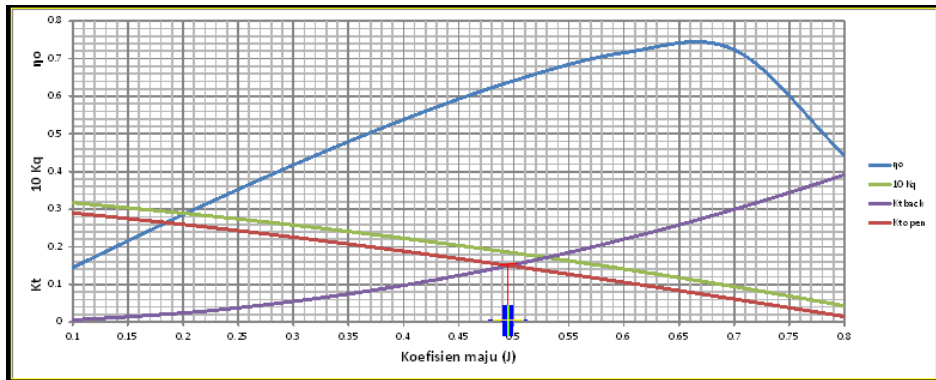
Hasil interseksi:

$$J = 0.471767$$

$$Kq = 0.016064$$

$$\eta_p = 0.63579$$

- 126) Interseksi antara kurva K_{tHull} vs J dengan kurva K_{tProp} vs J pada $V_s = 11$ knot dan rasio $P/D = 0.75$



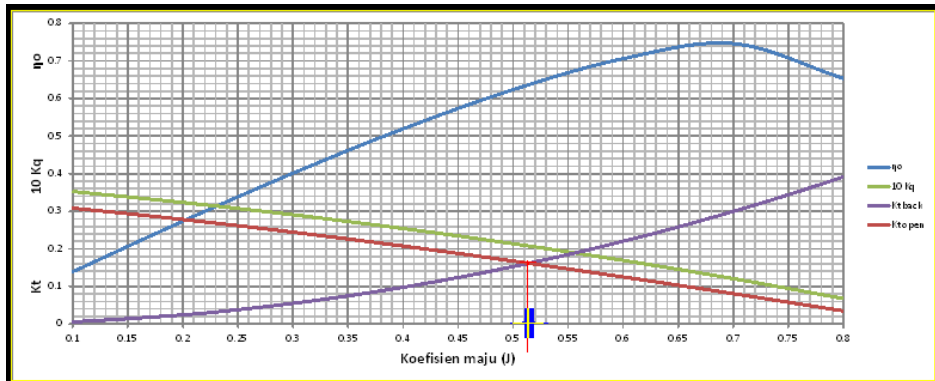
Hasil interseksi:

$$J = 0.495576$$

$$Kq = 0.018575$$

$$\eta_p = 0.63748$$

- 127) Interseksi antara kurva K_{tHull} vs J dengan kurva K_{tProp} vs J pada
 $V_s = 11$ knot dan rasio $P/D = 0.79$



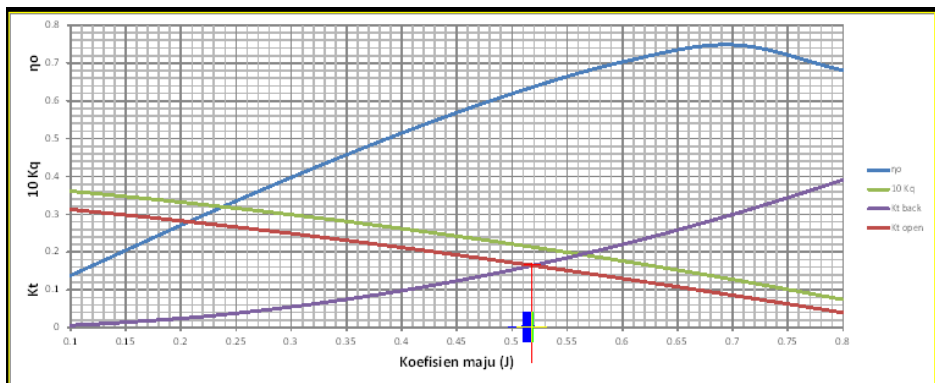
Hasil interseksi:

$$J = 0.514212$$

$$Kq = 0.020771$$

$$\eta_0 = 0.63700$$

- 128) Interseksi antara kurva K_{tHull} vs J dengan kurva K_{tProp} vs J pada
 $V_s = 11$ knot dan rasio $P/D = 0.8$



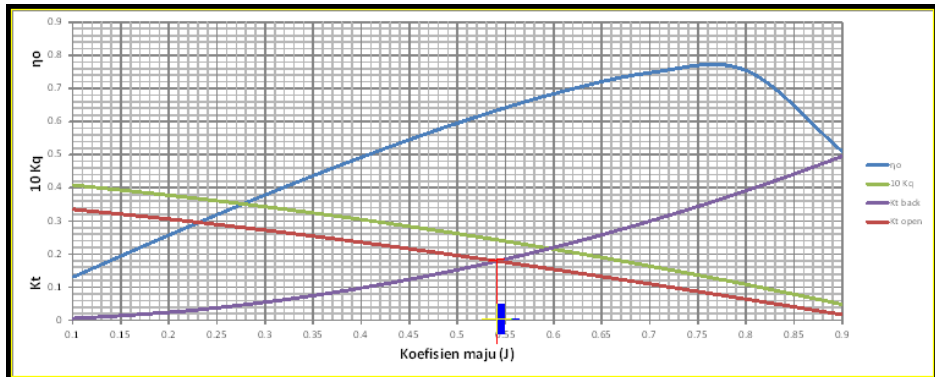
Hasil interseksi:

$$J = 0.51866$$

$$Kq = 0.021327$$

$$\eta_0 = 0.63668$$

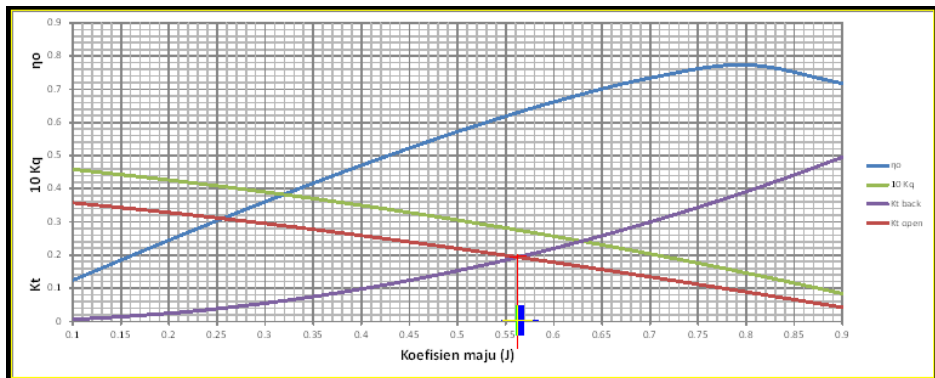
- 129) Interseksi antara kurva K_{tHull} vs J dengan kurva K_{tProp} vs J pada $V_s = 11$ knot dan rasio $P/D = 0.85$



Hasil interseksi:

$$\begin{aligned} J &= 0.541164 \\ Kq &= 0.024314 \\ \eta_o &= 0.63414 \end{aligned}$$

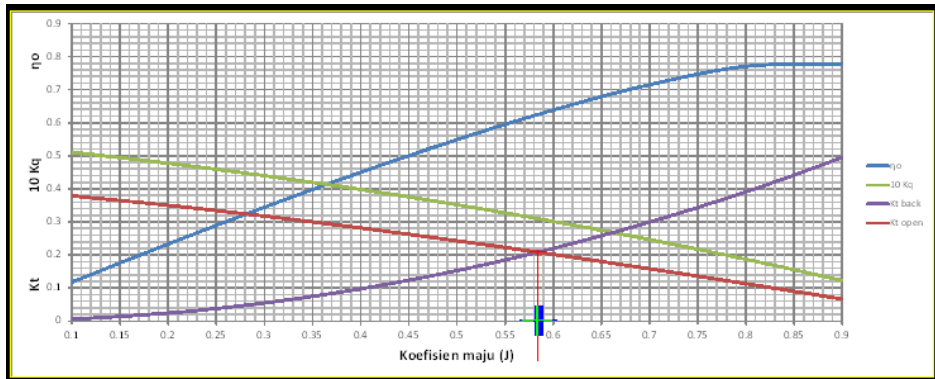
- 130) Interseksi antara kurva K_{tHull} vs J dengan kurva K_{tProp} vs J pada $V_s = 11$ knot dan rasio $P/D = 0.9$



Hasil interseksi:

$$\begin{aligned} J &= 0.5628749 \\ Kq &= 0.027544 \\ \eta_o &= 0.63010 \end{aligned}$$

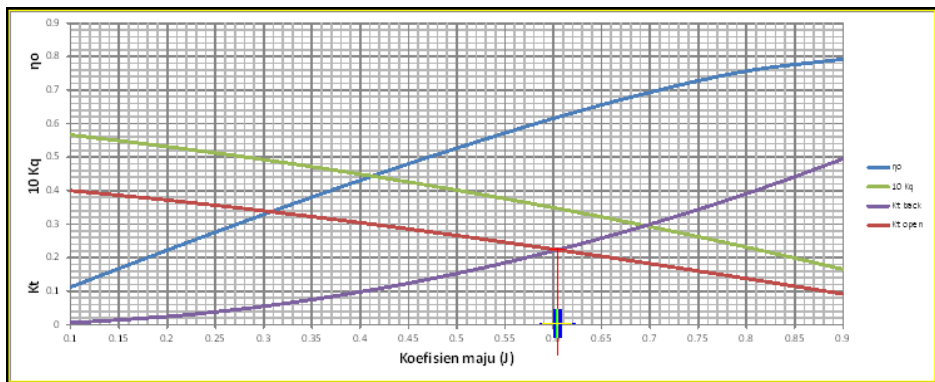
- 131) Interseksi antara kurva $K_{t_{Hull}}$ vs J dengan kurva $K_{t_{Prop}}$ vs J pada
 $V_s = 11$ knot dan rasio $P/D = 0.95$



Hasil interseksi:

$J = 0.58395$
 $K_q = 0.031008$
 $\eta_0 = 0.62508$

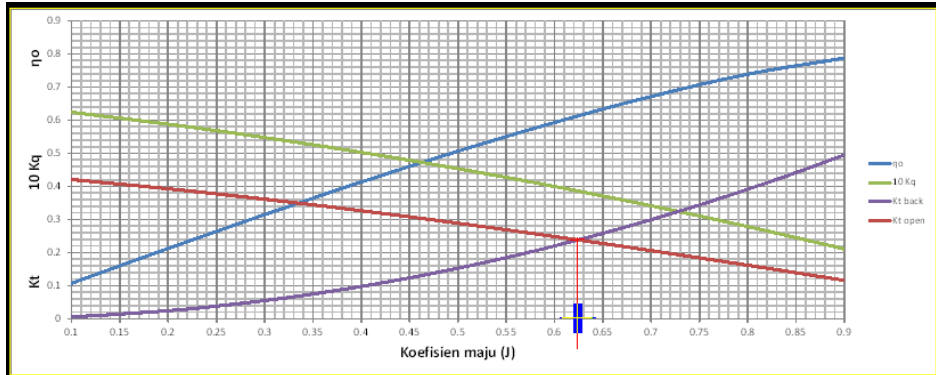
- 132) Interseksi antara kurva $K_{t_{Hull}}$ vs J dengan kurva $K_{t_{Prop}}$ vs J pada
 $V_s = 11$ knot dan rasio $P/D = 1$



Hasil interseksi:

$J = 0.604482$
 $K_q = 0.034695$
 $\eta_0 = 0.61943$

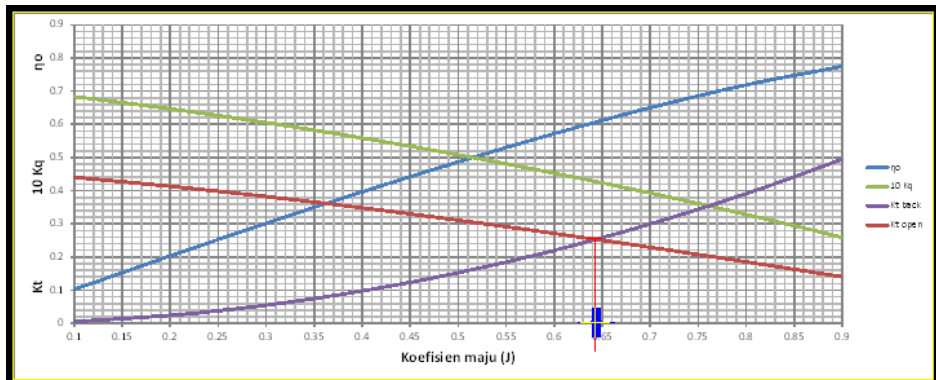
- 133) Interseksi antara kurva K_{tHull} vs J dengan kurva K_{tProp} vs J pada
 $V_s = 11$ knot dan rasio $P/D = 1.05$



Hasil interseksi:

$$\begin{aligned} J &= 0.6242575 \\ Kq &= 0.038613 \\ \eta_o &= 0.61319 \end{aligned}$$

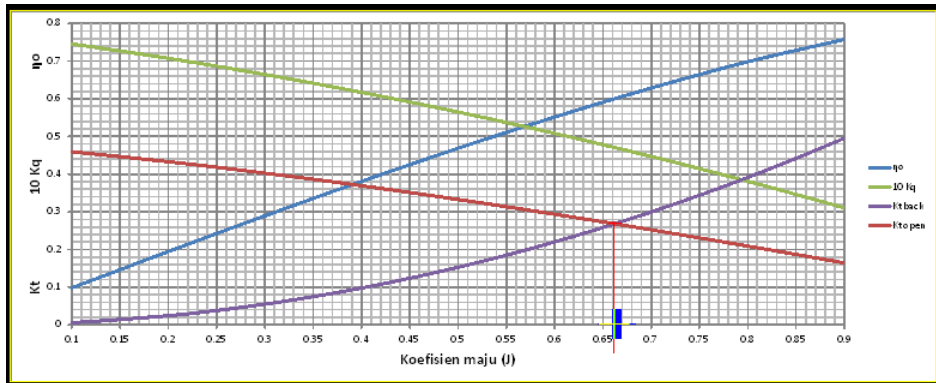
- 134) Interseksi antara kurva K_{tHull} vs J dengan kurva K_{tProp} vs J pada
 $V_s = 11$ knot dan rasio $P/D = 1.1$



Hasil interseksi:

$$\begin{aligned} J &= 0.6434795 \\ Kq &= 0.042741 \\ \eta_o &= 0.60674 \end{aligned}$$

- 135) Interseksi antara kurva K_{tHull} vs J dengan kurva K_{tProp} vs J pada $V_s = 11$ knot dan rasio $P/D = 1.15$



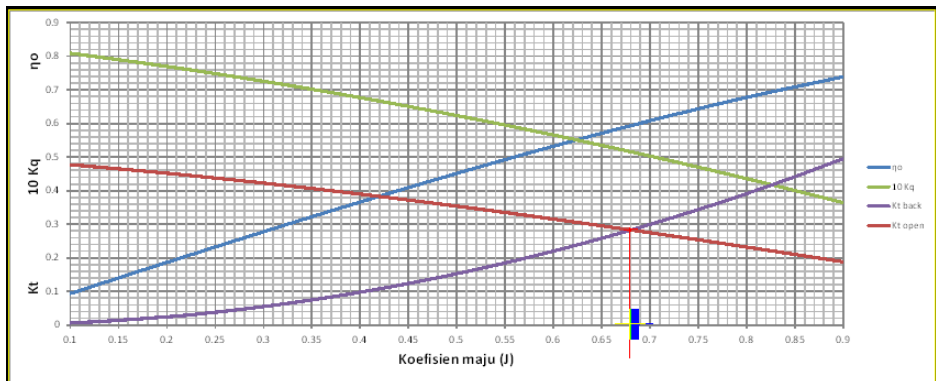
Hasil interseksi:

$$J = 0.6621987$$

$$Kq = 0.047064$$

$$\eta_0 = 0.60027$$

- 136) Interseksi antara kurva K_{tHull} vs J dengan kurva K_{tProp} vs J pada $V_s = 11$ knot dan rasio $P/D = 1.2$



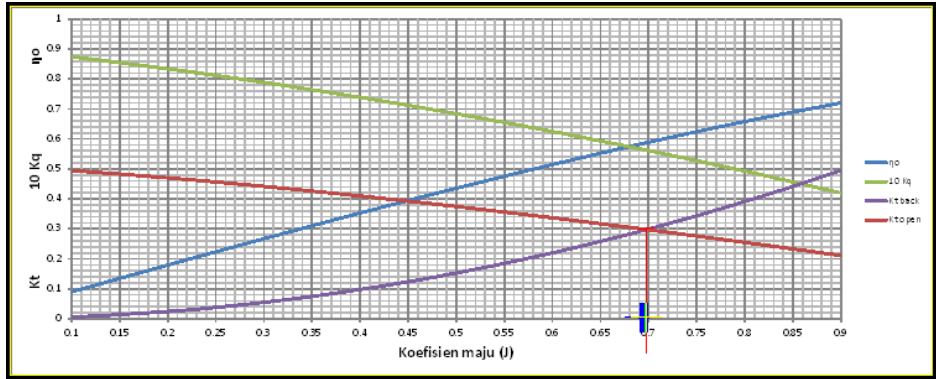
Hasil interseksi:

$$J = 0.6801765$$

$$Kq = 0.051585$$

$$\eta_0 = 0.59378$$

- 137) Interseksi antara kurva K_{tHull} vs J dengan kurva K_{tProp} vs J pada $V_s = 11$ knot dan rasio $P/D = 1.25$



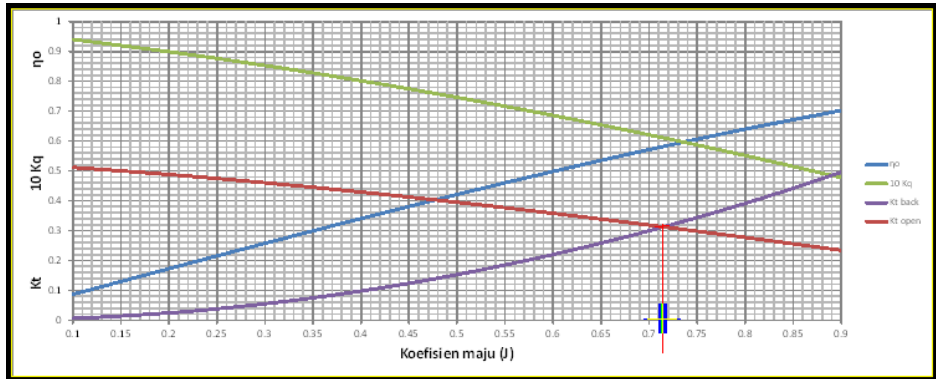
Hasil interseksi:

$$J = 0.6978685$$

$$Kq = 0.056256$$

$$\eta_o = 0.58774$$

- 138) Interseksi antara kurva K_{tHull} vs J dengan kurva K_{tProp} vs J pada $V_s = 11$ knot dan rasio $P/D = 1.3$



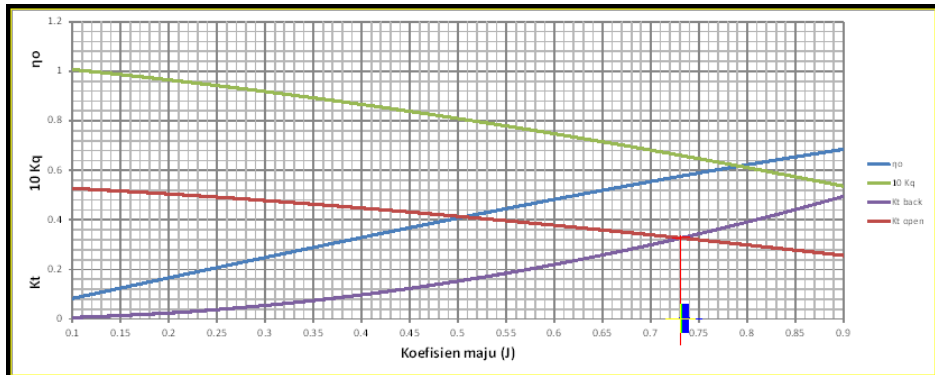
Hasil interseksi:

$$J = 0.7148777$$

$$Kq = 0.061080$$

$$\eta_o = 0.58202$$

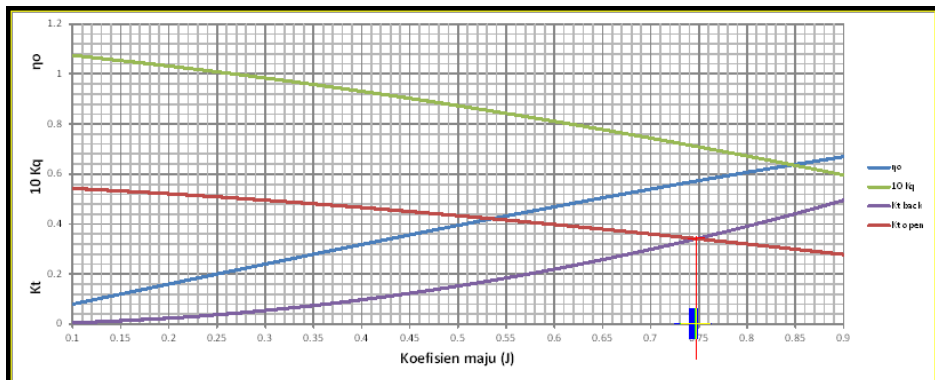
- 139) Interseksi antara kurva $K_{t_{Hull}}$ vs J dengan kurva $K_{t_{Prop}}$ vs J pada
 $V_s = 11$ knot dan rasio $P/D = 1.35$



Hasil interseksi:

$$\begin{aligned} J &= 0.7314507 \\ Kq &= 0.066017 \\ \eta_o &= 0.57692 \end{aligned}$$

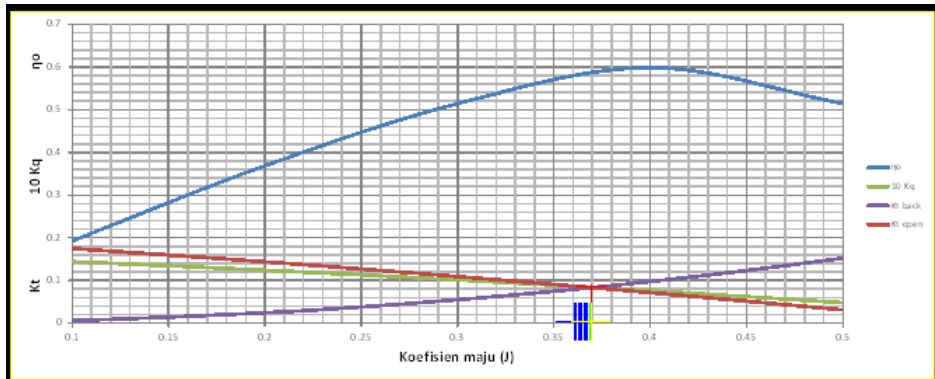
- 140) Interseksi antara kurva $K_{t_{Hull}}$ vs J dengan kurva $K_{t_{Prop}}$ vs J pada
 $V_s = 11$ knot dan rasio $P/D = 1.4$



Hasil interseksi:

$$\begin{aligned} J &= 0.747733 \\ Kq &= 0.071024 \\ \eta_o &= 0.57269 \end{aligned}$$

- 141) Interseksi antara kurva K_{tHull} vs J dengan kurva K_{tProp} vs J pada
 $V_s = 12$ knot dan rasio $P/D = 0.5$



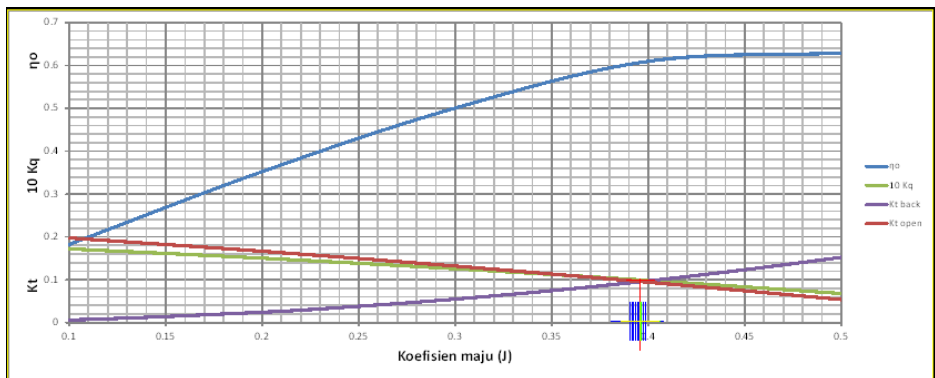
Hasil interseksi:

$$J = 0.3696515$$

$$K_q = 0.008401$$

$$\eta_o = 0.58312$$

- 142) Interseksi antara kurva K_{tHull} vs J dengan kurva K_{tProp} vs J pada
 $V_s = 12$ knot dan rasio $P/D = 0.55$



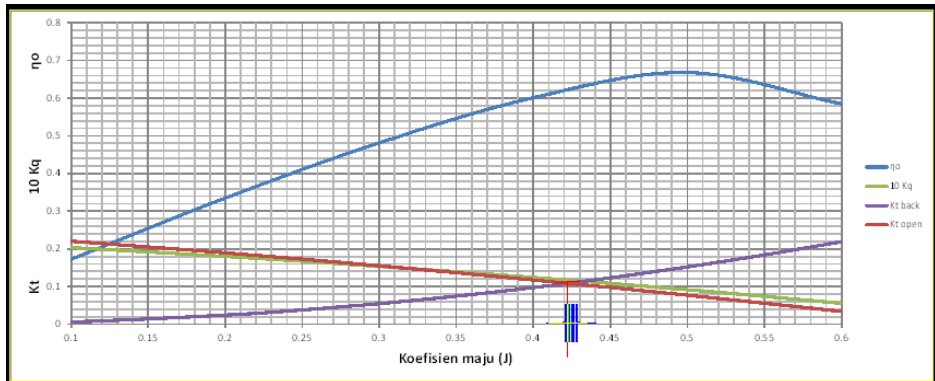
Hasil interseksi:

$$J = 0.3964562$$

$$K_q = 0.009947$$

$$\eta_o = 0.60699$$

- 143) Interseksi antara kurva K_{tHull} vs J dengan kurva K_{tProp} vs J pada $V_s = 12$ knot dan rasio $P/D = 0.6$



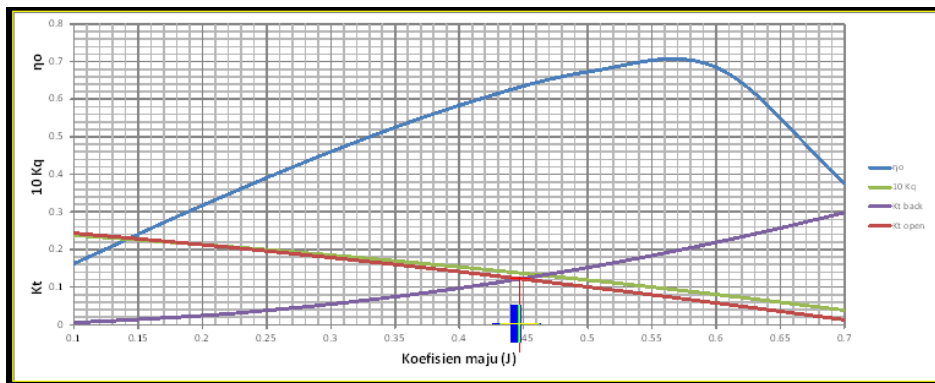
Hasil interseksi:

$$J = 0.4223785$$

$$Kq = 0.011737$$

$$\eta_0 = 0.62247$$

- 144) Interseksi antara kurva K_{tHull} vs J dengan kurva K_{tProp} vs J pada $V_s = 12$ knot dan rasio $P/D = 0.65$



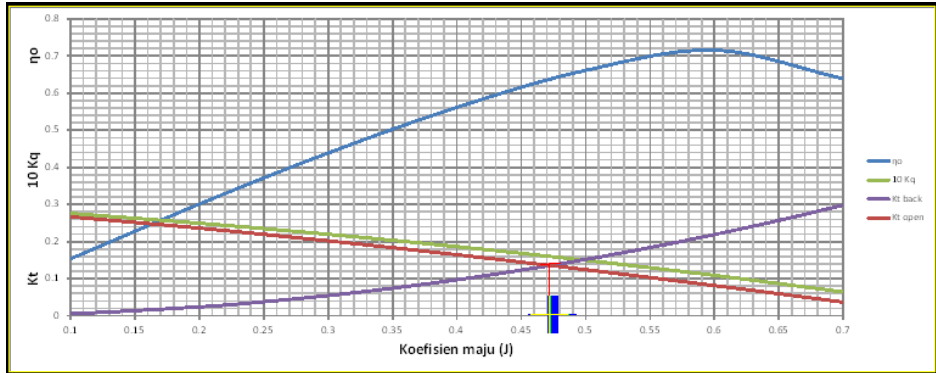
Hasil interseksi:

$$J = 0.447796$$

$$Kq = 0.013759$$

$$\eta_0 = 0.63205$$

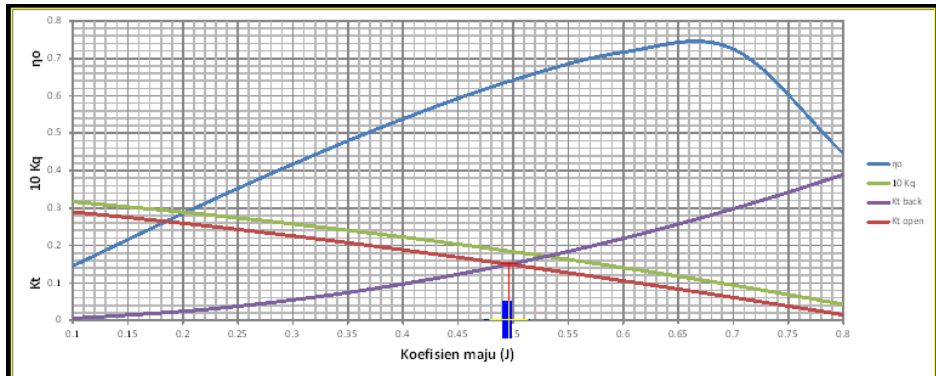
- 145) Interseksi antara kurva K_{tHull} vs J dengan kurva K_{tProp} vs J pada $V_s = 12$ knot dan rasio $P/D = 0.7$



Hasil interseksi:

$$\begin{aligned} J &= 0.4723635 \\ Kq &= 0.016026 \\ \eta_0 &= 0.63702 \end{aligned}$$

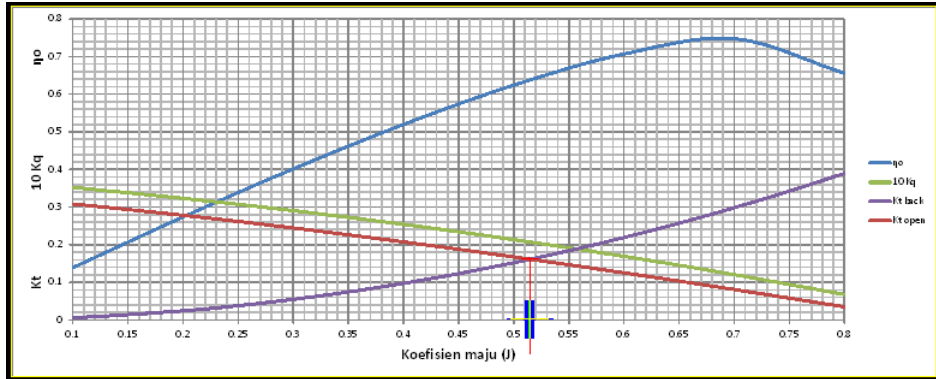
- 146) Interseksi antara kurva K_{tHull} vs J dengan kurva K_{tProp} vs J pada $V_s = 12$ knot dan rasio $P/D = 0.75$



Hasil interseksi:

$$\begin{aligned} J &= 0.496230 \\ Kq &= 0.018533 \\ \eta_0 &= 0.63868 \end{aligned}$$

- 147) Interseksi antara kurva K_{tHull} vs J dengan kurva K_{tProp} vs J pada
 $V_s = 12$ knot dan rasio $P/D = 0.79$



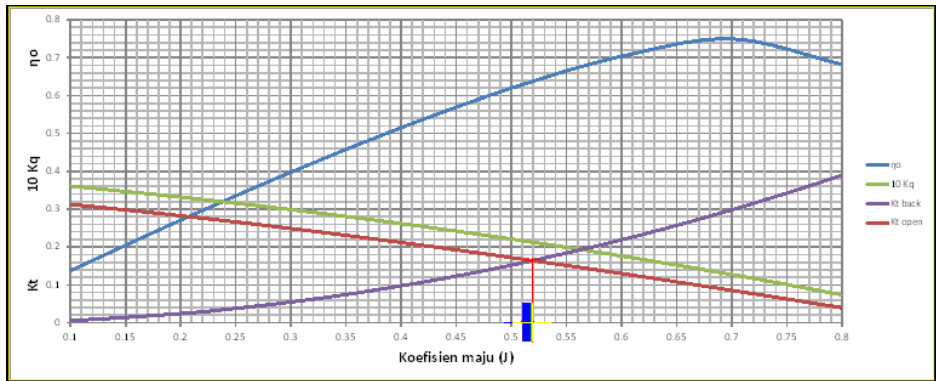
Hasil interseksi:

$$J = 0.5149212$$

$$Kq = 0.020726$$

$$\eta_0 = 0.63819$$

- 148) Interseksi antara kurva K_{tHull} vs J dengan kurva K_{tProp} vs J pada
 $V_s = 12$ knot dan rasio $P/D = 0.8$



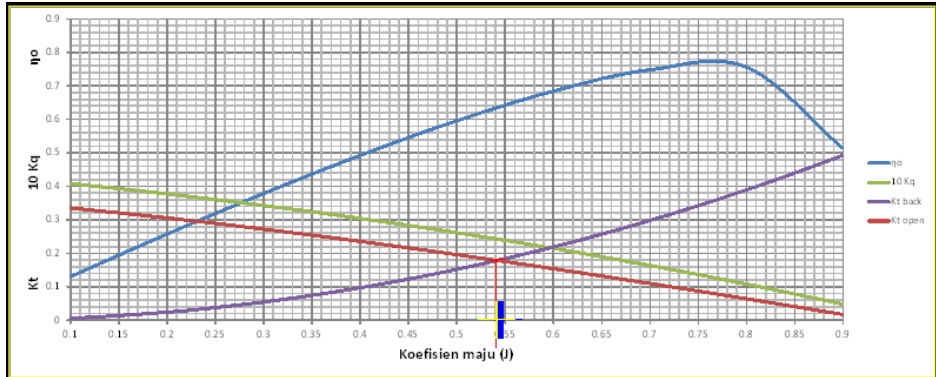
Hasil interseksi:

$$J = 0.5193674$$

$$Kq = 0.021281$$

$$\eta_0 = 0.63785$$

- 149) Interseksi antara kurva K_{tHull} vs J dengan kurva K_{tProp} vs J pada $V_s = 12$ knot dan rasio $P/D = 0.85$



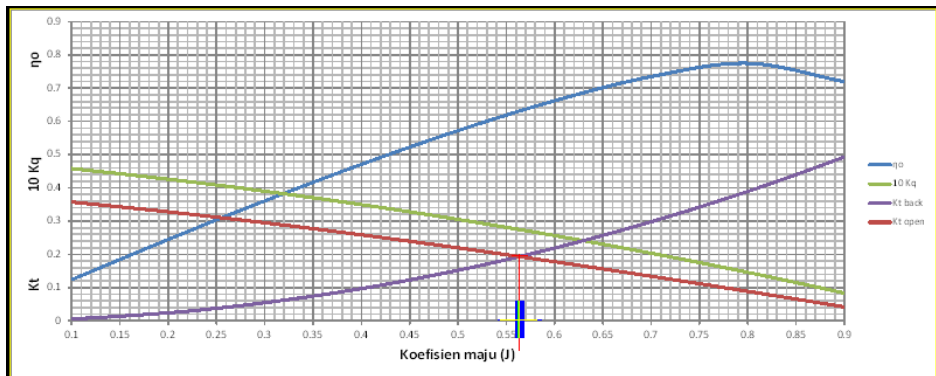
Hasil interseksi:

$$J = 0.541885$$

$$Kq = 0.024265$$

$$\eta_o = 0.63524$$

- 150) Interseksi antara kurva K_{tHull} vs J dengan kurva K_{tProp} vs J pada $V_s = 12$ knot dan rasio $P/D = 0.9$



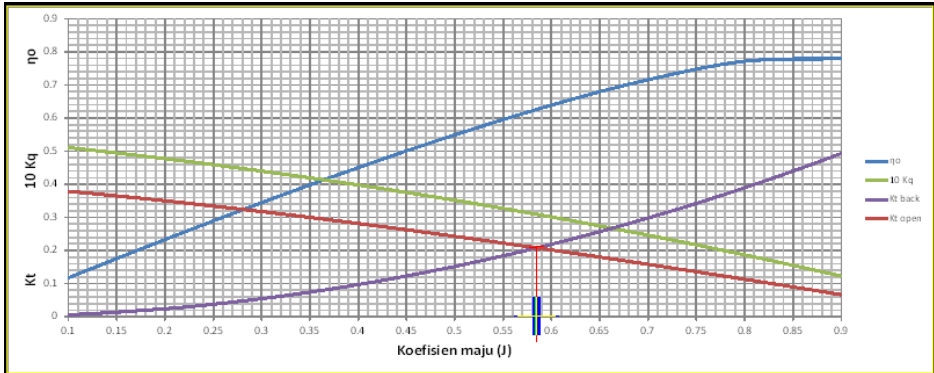
Hasil interseksi:

$$J = 0.5636117$$

$$Kq = 0.027493$$

$$\eta_o = 0.63115$$

- 151) Interseksi antara kurva K_{tHull} vs J dengan kurva K_{tProp} vs J pada
 $V_s = 12$ knot dan rasio $P/D = 0.95$



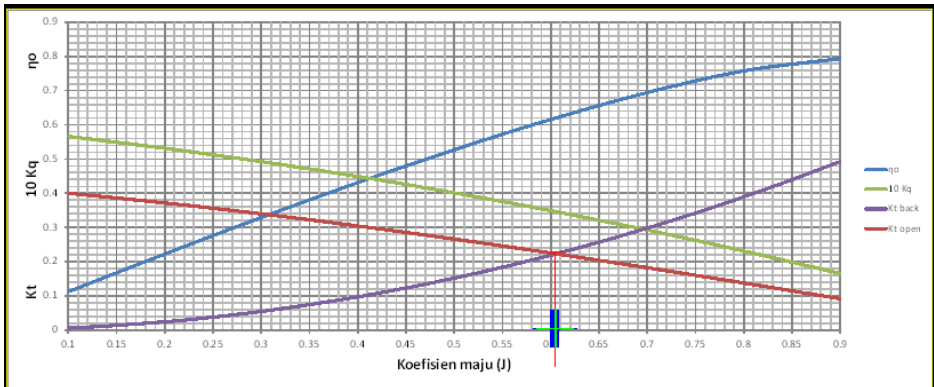
Hasil interseksi:

$$J = 0.5847875$$

$$Kq = 0.030950$$

$$\eta_o = 0.62615$$

- 152) Interseksi antara kurva K_{tHull} vs J dengan kurva K_{tProp} vs J pada
 $V_s = 12$ knot dan rasio $P/D = 1$



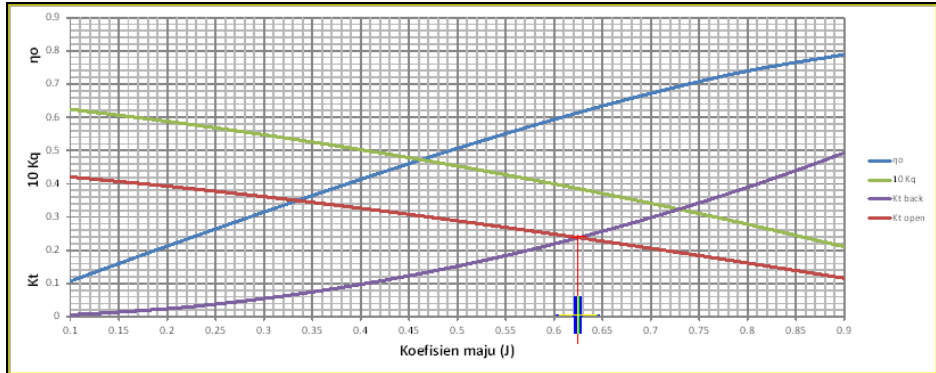
Hasil interseksi:

$$J = 0.605399$$

$$Kq = 0.034632$$

$$\eta_o = 0.62050$$

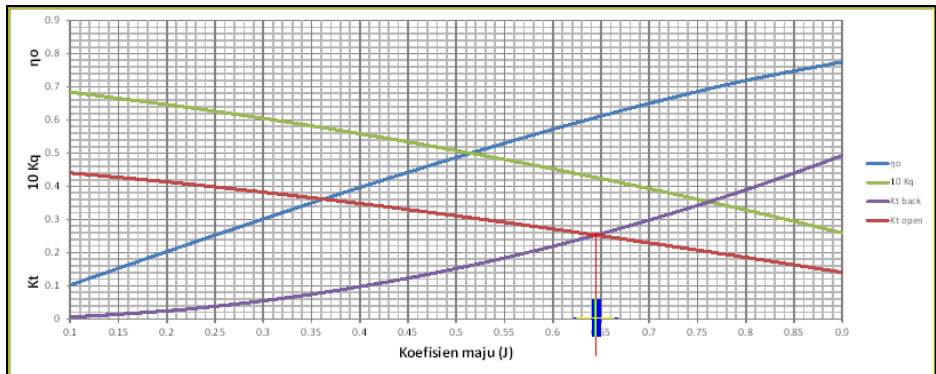
- 153) Interseksi antara kurva K_{tHull} vs J dengan kurva K_{tProp} vs J pada
 $V_s = 12$ knot dan rasio $P/D = 1.05$



Hasil interseksi:

$J = 0.625177$
 $K_q = 0.038547$
 $\eta_o = 0.61421$

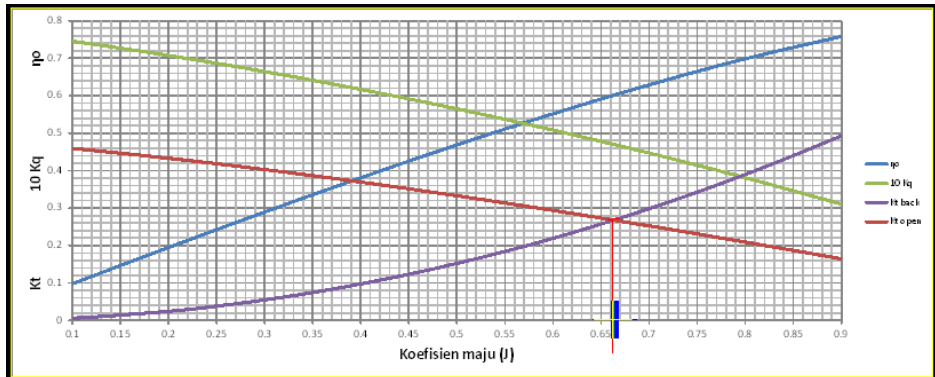
- 154) Interseksi antara kurva K_{tHull} vs J dengan kurva K_{tProp} vs J pada
 $V_s = 12$ knot dan rasio $P/D = 1.1$



Hasil interseksi:

$J = 0.6444685$
 $K_q = 0.042669$
 $\eta_o = 0.60775$

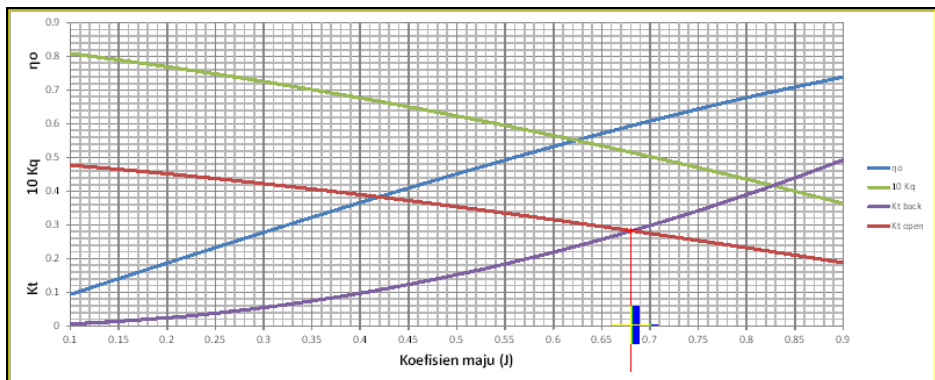
- 155) Interseksi antara kurva K_{tHull} vs J dengan kurva K_{tProp} vs J pada $V_s = 12$ knot dan rasio $P/D = 1.15$



Hasil interseksi:

$$\begin{aligned} J &= 0.663195 \\ Kq &= 0.046991 \\ \eta_o &= 0.60124 \end{aligned}$$

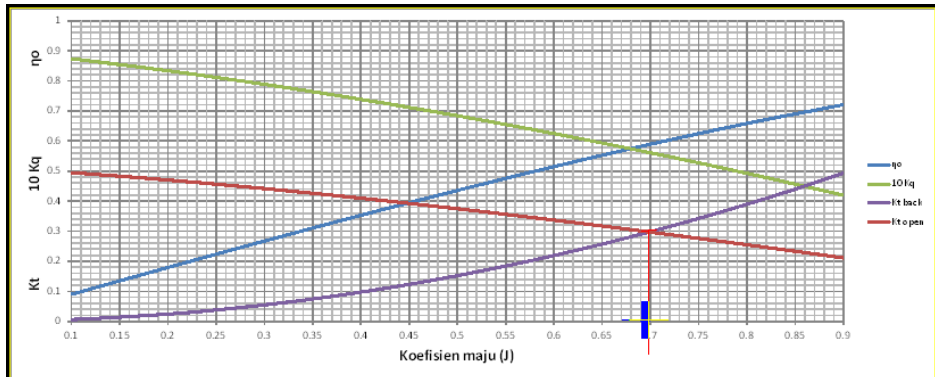
- 156) Interseksi antara kurva K_{tHull} vs J dengan kurva K_{tProp} vs J pada $V_s = 12$ knot dan rasio $P/D = 1.2$



Hasil interseksi:

$$\begin{aligned} J &= 0.681198 \\ Kq &= 0.051508 \\ \eta_o &= 0.59472 \end{aligned}$$

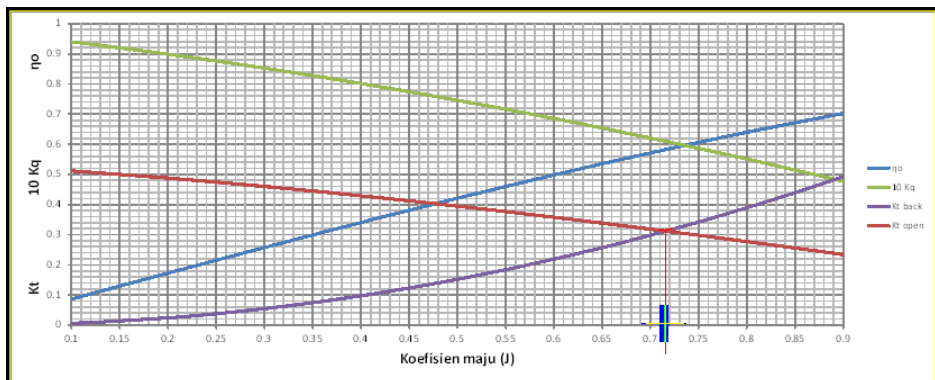
- 157) Interseksi antara kurva K_{tHull} vs J dengan kurva K_{tProp} vs J pada
 $V_s = 12$ knot dan rasio $P/D = 1.25$



Hasil interseksi:

$$\begin{aligned} J &= 0.698934 \\ Kq &= 0.056174 \\ \eta_o &= 0.58868 \end{aligned}$$

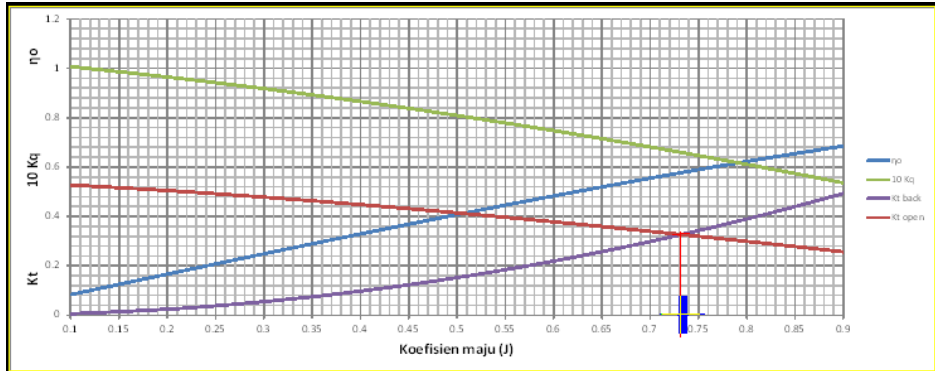
- 158) Interseksi antara kurva K_{tHull} vs J dengan kurva K_{tProp} vs J pada
 $V_s = 12$ knot dan rasio $P/D = 1.3$



Hasil interseksi:

$$\begin{aligned} J &= 0.7159483 \\ Kq &= 0.060997 \\ \eta_o &= 0.58291 \end{aligned}$$

- 159) Interseksi antara kurva K_{tHull} vs J dengan kurva K_{tProp} vs J pada $V_s = 12$ knot dan rasio $P/D = 1.35$



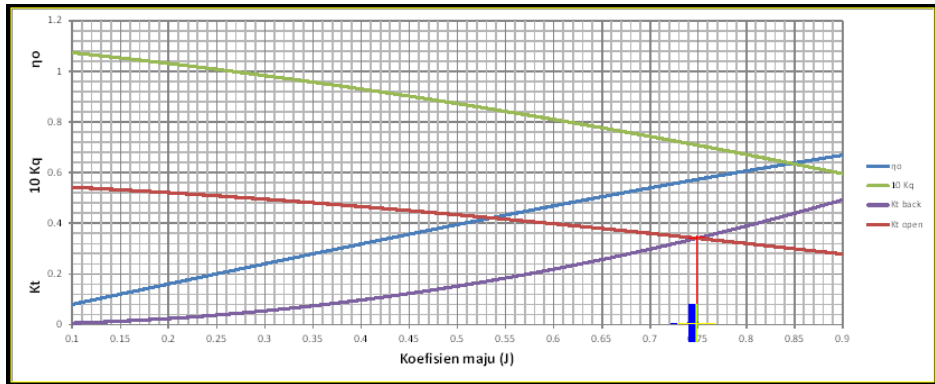
Hasil interseksi:

$$J = 0.732534$$

$$K_q = 0.065931$$

$$\eta_0 = 0.57779$$

- 160) Interseksi antara kurva K_{tHull} vs J dengan kurva K_{tProp} vs J pada $V_s = 12$ knot dan rasio $P/D = 1.4$



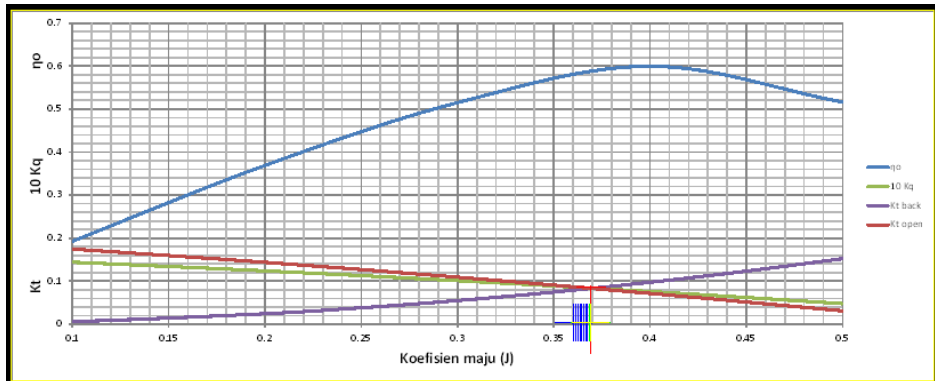
Hasil interseksi:

$$J = 0.748865$$

$$K_q = 0.070933$$

$$\eta_0 = 0.57357$$

- 161) Interseksi antara kurva K_{tHull} vs J dengan kurva K_{tProp} vs J pada $V_s = 13$ knot dan rasio $P/D = 0.5$



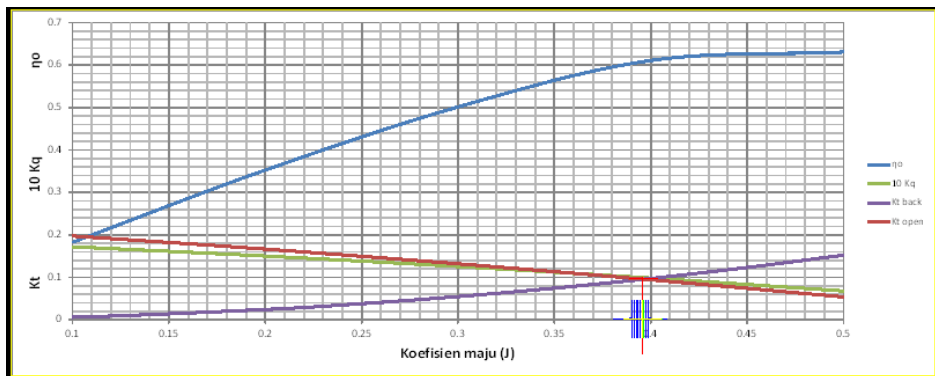
Hasil interseksi:

$$J = 0.3696188$$

$$K_q = 0.008388$$

$$\eta_o = 0.58407$$

- 162) Interseksi antara kurva K_{tHull} vs J dengan kurva K_{tProp} vs J pada $V_s = 13$ knot dan rasio $P/D = 0.55$



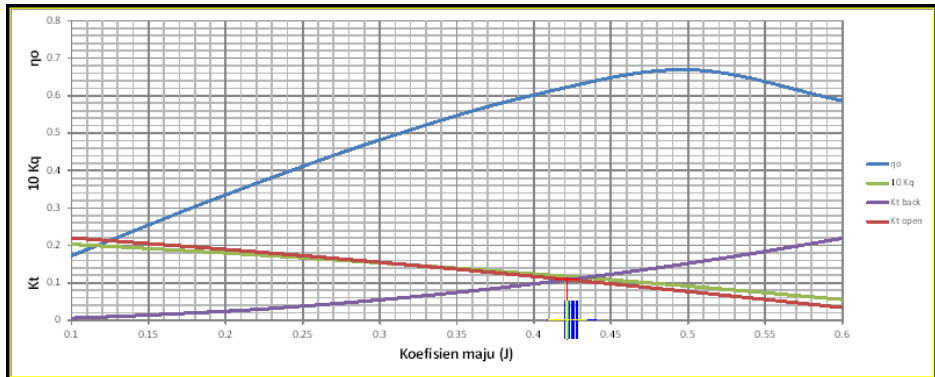
Hasil interseksi:

$$J = 0.396395$$

$$K_q = 0.009935$$

$$\eta_o = 0.60782$$

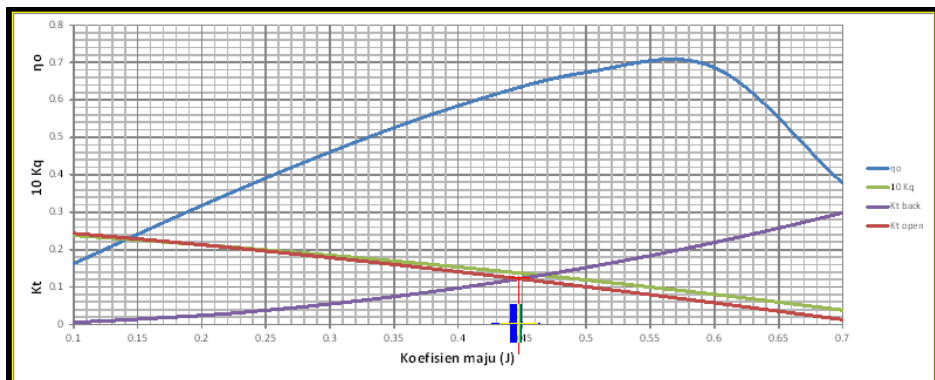
- 163) Interseksi antara kurva K_{tHull} vs J dengan kurva K_{tProp} vs J pada $V_s = 13$ knot dan rasio $P/D = 0.6$



Hasil interseksi:

$$\begin{aligned} J &= 0.4223951 \\ Kq &= 0.011723 \\ \eta_0 &= 0.62327 \end{aligned}$$

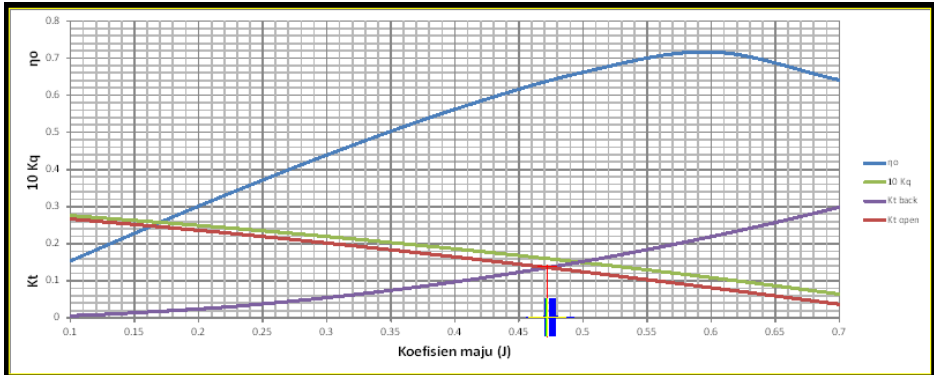
- 164) Interseksi antara kurva K_{tHull} vs J dengan kurva K_{tProp} vs J pada $V_s = 13$ knot dan rasio $P/D = 0.65$



Hasil interseksi:

$$\begin{aligned} J &= 0.4477665 \\ Kq &= 0.013746 \\ \eta_0 &= 0.63272 \end{aligned}$$

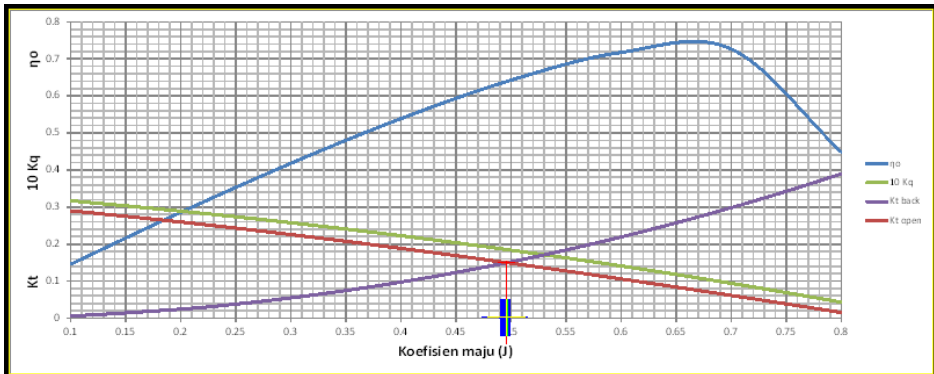
- 165) Interseksi antara kurva K_{tHull} vs J dengan kurva K_{tProp} vs J pada
 $V_s = 13$ knot dan rasio $P/D = 0.7$



Hasil interseksi:

$$\begin{aligned} J &= 0.4723671 \\ Kq &= 0.016012 \\ \eta_0 &= 0.63764 \end{aligned}$$

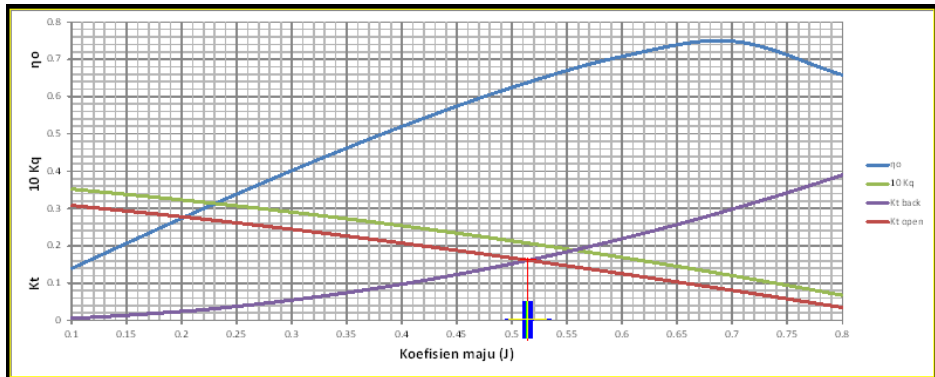
- 166) Interseksi antara kurva K_{tHull} vs J dengan kurva K_{tProp} vs J pada
 $V_s = 13$ knot dan rasio $P/D = 0.75$



Hasil interseksi:

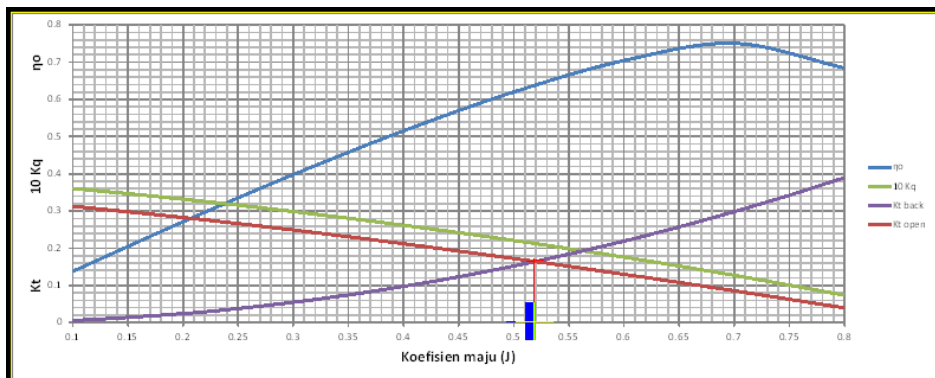
$$\begin{aligned} J &= 0.496191 \\ Kq &= 0.018520 \\ \eta_0 &= 0.63919 \end{aligned}$$

167) Interseksi antara kurva K_{tHull} vs J dengan kurva K_{tProp} vs J pada
 $V_s = 13$ knot dan rasio $P/D = 0.79$



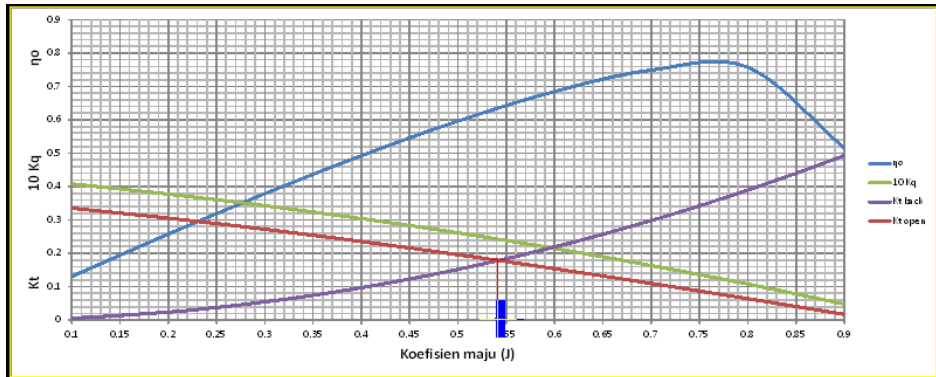
Hasil interseksi:
 $J = 0.5148902$
 $K_q = 0.020713$
 $\eta_o = 0.63864$

168) Interseksi antara kurva K_{tHull} vs J dengan kurva K_{tProp} vs J pada
 $V_s = 13$ knot dan rasio $P/D = 0.8$



Hasil interseksi:
 $J = 0.519355$
 $K_q = 0.021268$
 $\eta_o = 0.63832$

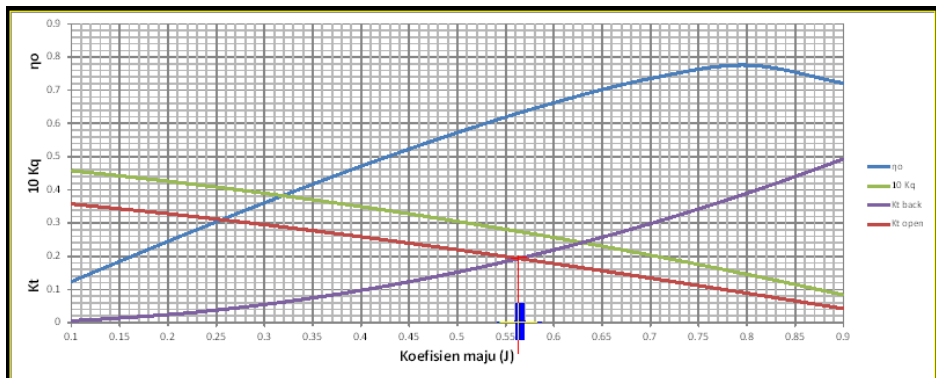
169) Interseksi antara kurva K_{tHull} vs J dengan kurva K_{tProp} vs J pada
 $V_s = 13$ knot dan rasio $P/D = 0.85$



Hasil interseksi:

$J = 0.5418965$
 $K_q = 0.024251$
 $\eta_o = 0.63567$

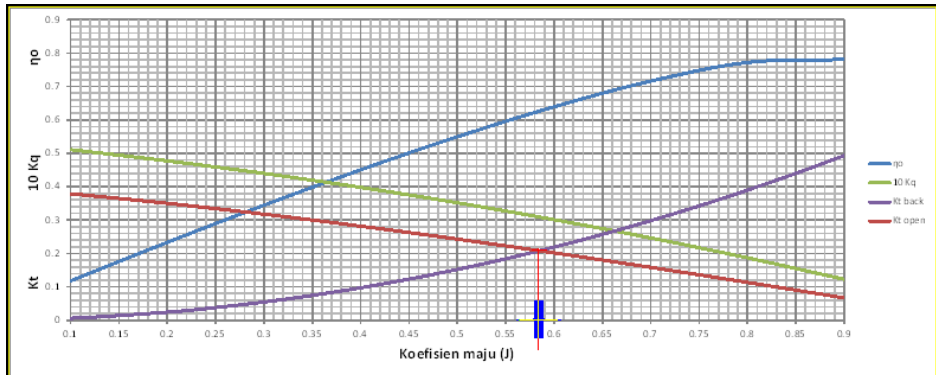
170) Interseksi antara kurva K_{tHull} vs J dengan kurva K_{tProp} vs J pada
 $V_s = 13$ knot dan rasio $P/D = 0.9$



Hasil interseksi:

$J = 0.563653$
 $K_q = 0.027478$
 $\eta_o = 0.63155$

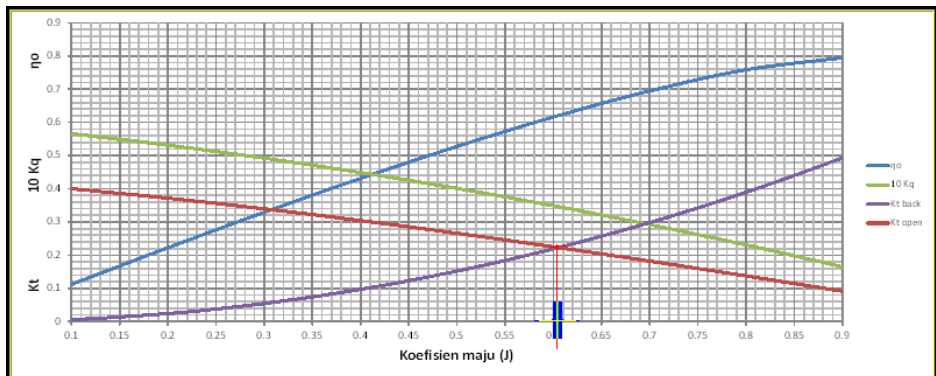
171) Interseksi antara kurva $K_{t_{Hull}}$ vs J dengan kurva $K_{t_{Prop}}$ vs J pada
 $V_s = 13$ knot dan rasio $P/D = 0.95$



Hasil interseksi:

$J = 0.5847511$
 $K_q = 0.030939$
 $\eta_o = 0.62644$

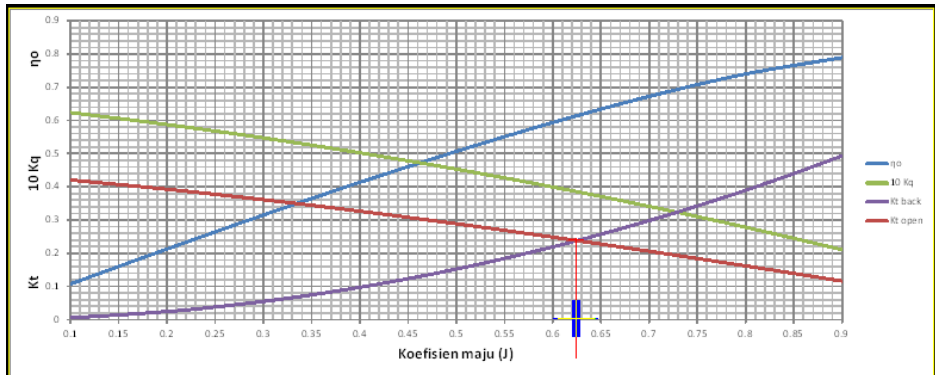
172) Interseksi antara kurva $K_{t_{Hull}}$ vs J dengan kurva $K_{t_{Prop}}$ vs J pada
 $V_s = 13$ knot dan rasio $P/D = 1$



Hasil interseksi:

$J = 0.605294$
 $K_q = 0.034625$
 $\eta_o = 0.62069$

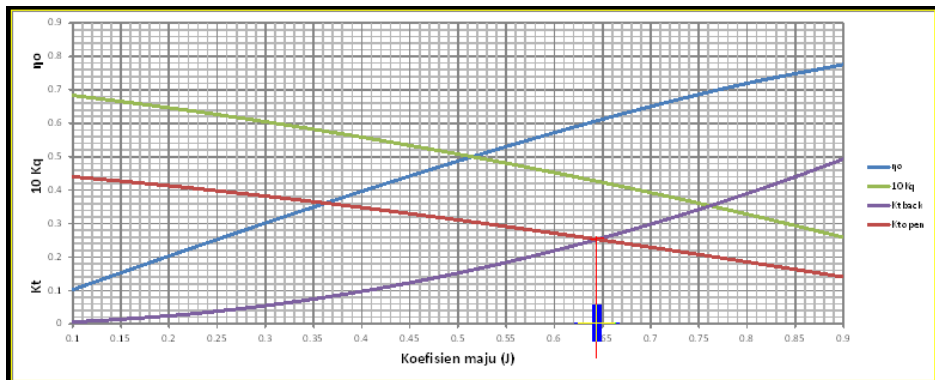
173) Interseksi antara kurva $K_{t_{Hull}}$ vs J dengan kurva $K_{t_{Prop}}$ vs J pada
 $V_s = 13$ knot dan rasio $P/D = 1.05$



Hasil interseksi:

$J = 0.625131$
 $Kq = 0.038538$
 $\eta_0 = 0.61441$

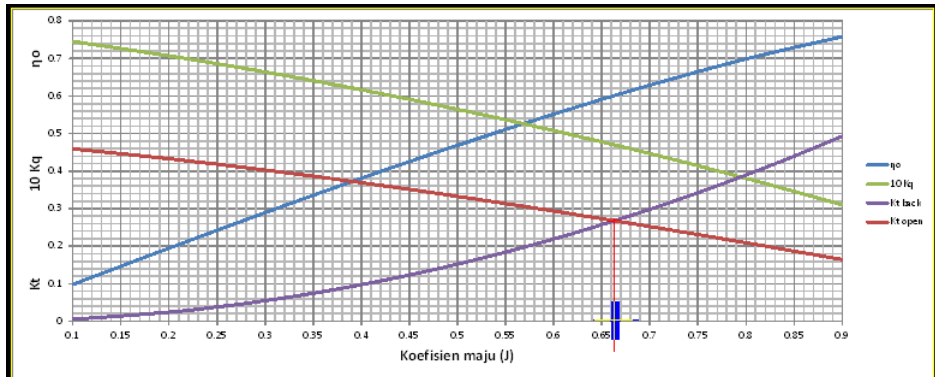
174) Interseksi antara kurva $K_{t_{Hull}}$ vs J dengan kurva $K_{t_{Prop}}$ vs J pada
 $V_s = 13$ knot dan rasio $P/D = 1.1$



Hasil interseksi:

$J = 0.644403$
 $Kq = 0.042662$
 $\eta_0 = 0.60791$

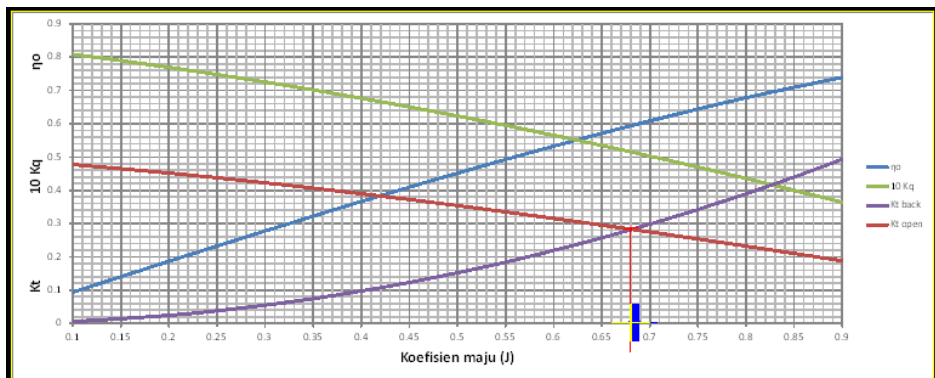
- 175) Interseksi antara kurva K_{tHull} vs J dengan kurva K_{tProp} vs J pada $V_s = 13$ knot dan rasio $P/D = 1.15$



Hasil interseksi:

$$\begin{aligned} J &= 0.6631485 \\ Kq &= 0.046983 \\ \eta_0 &= 0.60140 \end{aligned}$$

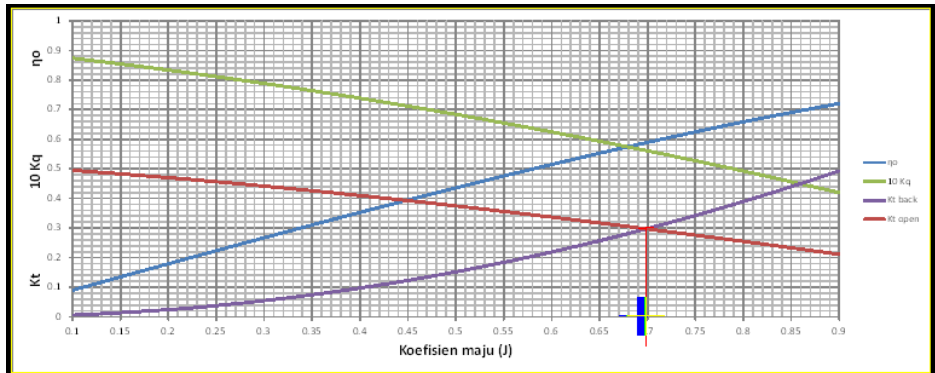
- 176) Interseksi antara kurva K_{tHull} vs J dengan kurva K_{tProp} vs J pada $V_s = 13$ knot dan rasio $P/D = 1.2$



Hasil interseksi:

$$\begin{aligned} J &= 0.6811322 \\ Kq &= 0.051502 \\ \eta_0 &= 0.59484 \end{aligned}$$

177) Interseksi antara kurva K_{tHull} vs J dengan kurva K_{tProp} vs J pada
 $V_s = 13$ knot dan rasio $P/D = 1.25$



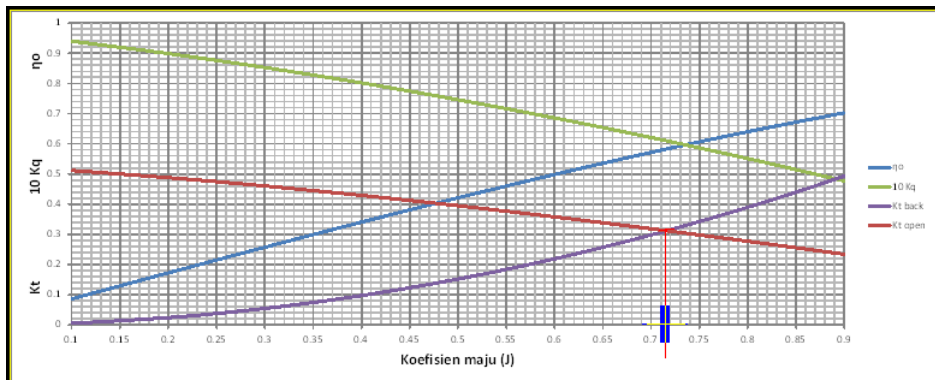
Hasil interseksi:

$$J = 0.698823$$

$$Kq = 0.056172$$

$$\eta_0 = 0.58874$$

178) Interseksi antara kurva K_{tHull} vs J dengan kurva K_{tProp} vs J pada
 $V_s = 13$ knot dan rasio $P/D = 1.3$



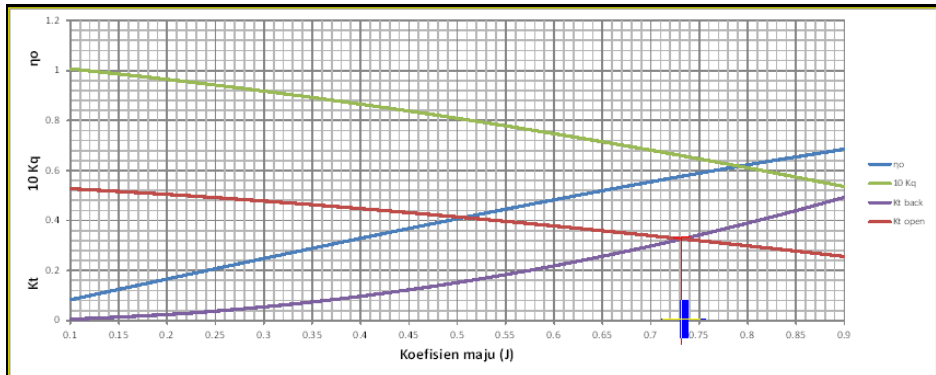
Hasil interseksi:

$$J = 0.715928$$

$$Kq = 0.060989$$

$$\eta_0 = 0.58303$$

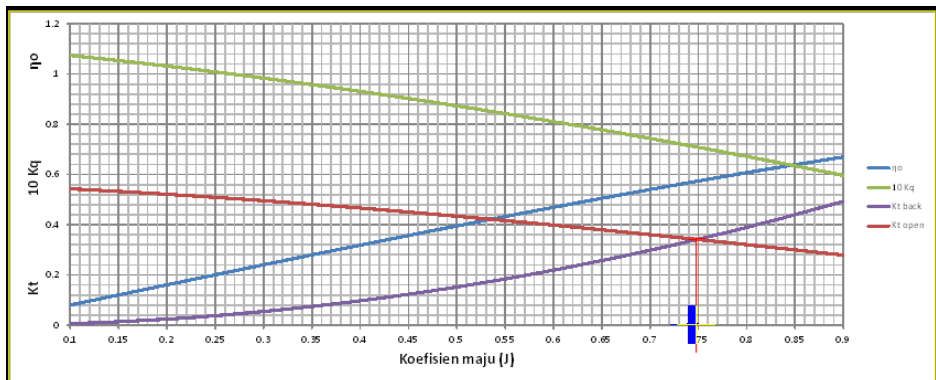
179) Interseksi antara kurva K_{tHull} vs J dengan kurva K_{tProp} vs J pada
 $V_s = 13$ knot dan rasio $P/D = 1.35$



Hasil interseksi:

$J = 0.7324869$
 $K_q = 0.065925$
 $\eta_o = 0.57787$

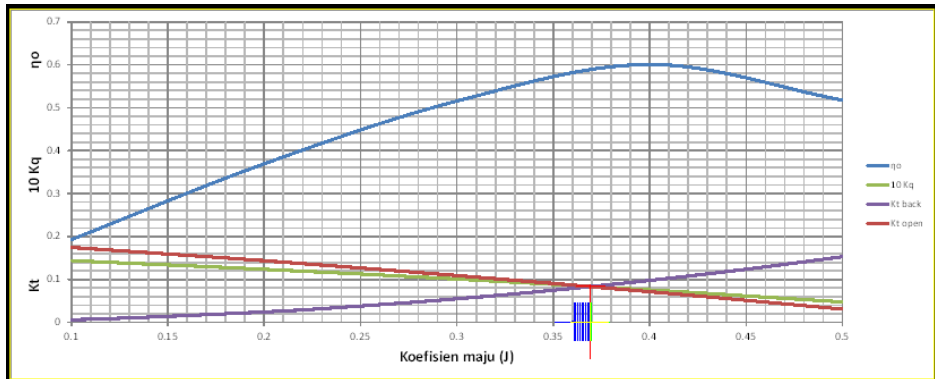
180) Interseksi antara kurva K_{tHull} vs J dengan kurva K_{tProp} vs J pada
 $V_s = 13$ knot dan rasio $P/D = 1.4$



Hasil interseksi:

$J = 0.748875$
 $K_q = 0.070923$
 $\eta_o = 0.57368$

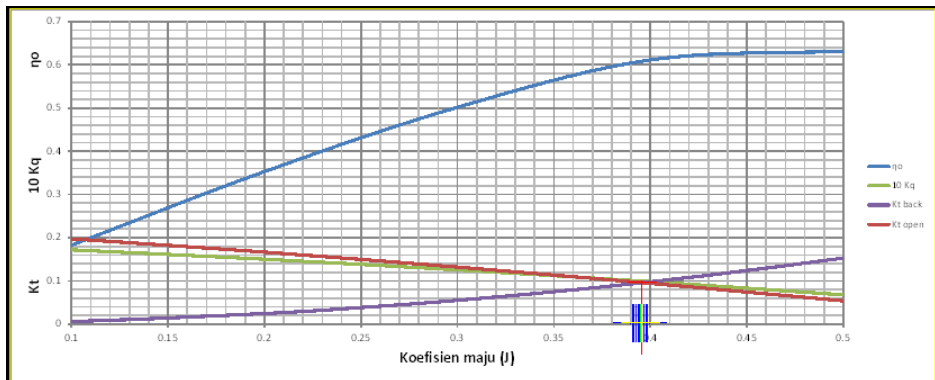
181) Interseksi antara kurva K_{tHull} vs J dengan kurva K_{tProp} vs J pada
 $V_s = 14$ knot dan rasio $P/D = 0.5$



Hasil interseksi:

$J = 0.369189$
 $Kq = 0.008387$
 $\eta_0 = 0.58466$

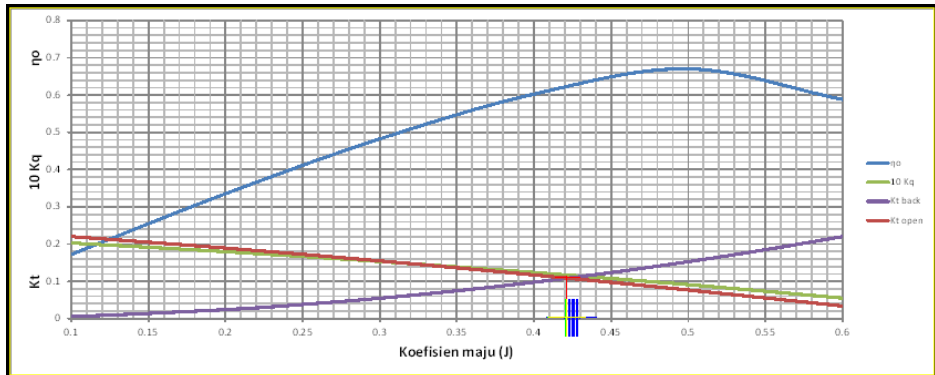
182) Interseksi antara kurva K_{tHull} vs J dengan kurva K_{tProp} vs J pada
 $V_s = 14$ knot dan rasio $P/D = 0.55$



Hasil interseksi:

$J = 0.3958831$
 $Kq = 0.009938$
 $\eta_0 = 0.60821$

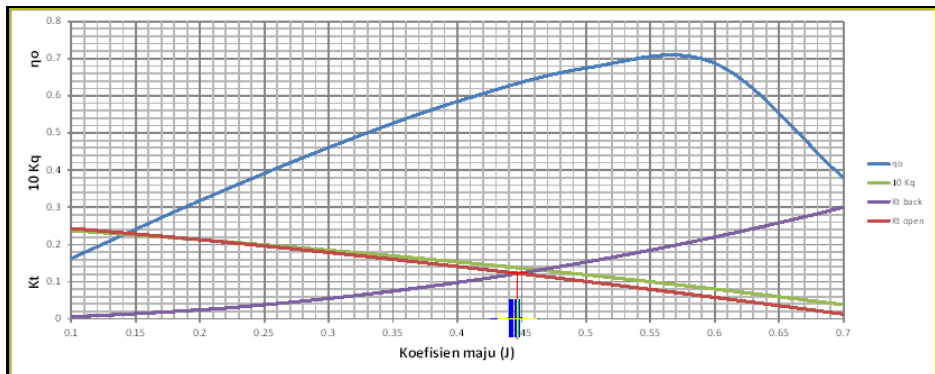
183) Interseksi antara kurva K_{tHull} vs J dengan kurva K_{tProp} vs J pada
 $V_s = 14$ knot dan rasio $P/D = 0.6$



Hasil interseksi:

$J = 0.4218447$
 $Kq = 0.011727$
 $\eta_0 = 0.62351$

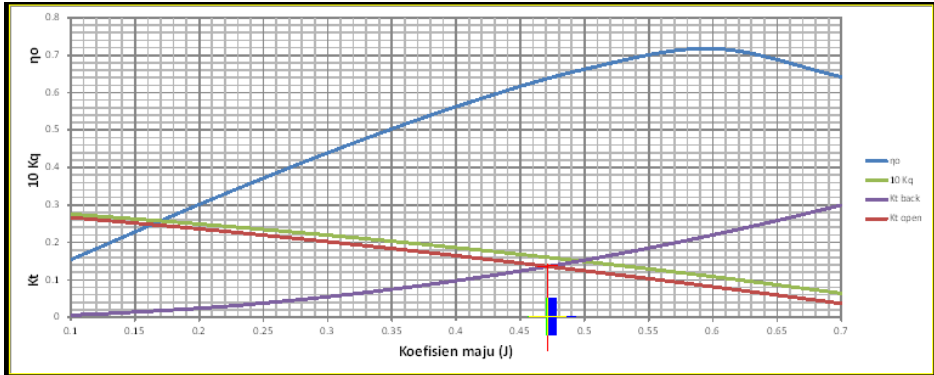
184) Interseksi antara kurva K_{tHull} vs J dengan kurva K_{tProp} vs J pada
 $V_s = 14$ knot dan rasio $P/D = 0.65$



Hasil interseksi:

$J = 0.4471865$
 $Kq = 0.013754$
 $\eta_0 = 0.63282$

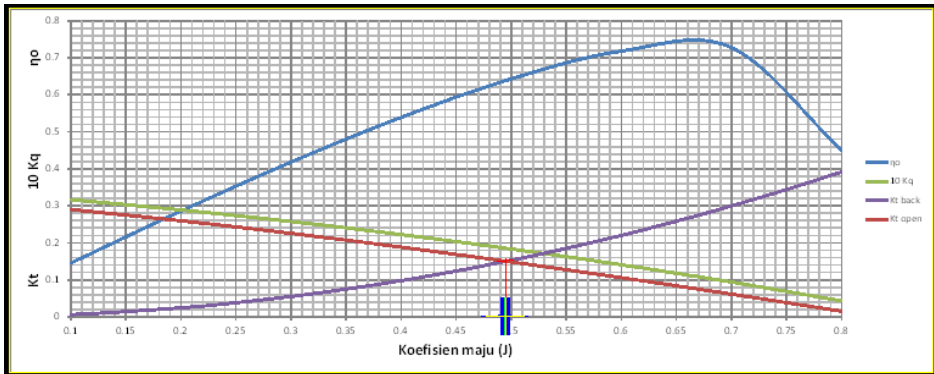
185) Interseksi antara kurva K_{tHull} vs J dengan kurva K_{tProp} vs J pada
 $V_s = 14$ knot dan rasio $P/D = 0.7$



Hasil interseksi:

$J = 0.4717293$
 $K_q = 0.016023$
 $\eta_o = 0.63760$

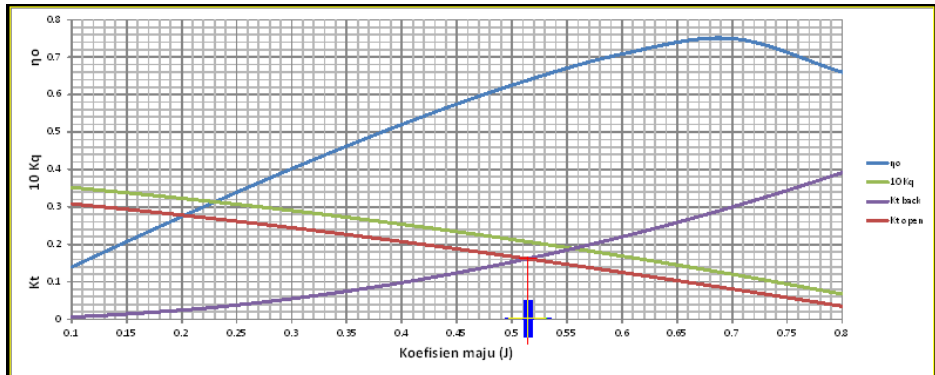
186) Interseksi antara kurva K_{tHull} vs J dengan kurva K_{tProp} vs J pada
 $V_s = 14$ knot dan rasio $P/D = 0.75$



Hasil interseksi:

$J = 0.49551$
 $K_q = 0.018535$
 $\eta_o = 0.63904$

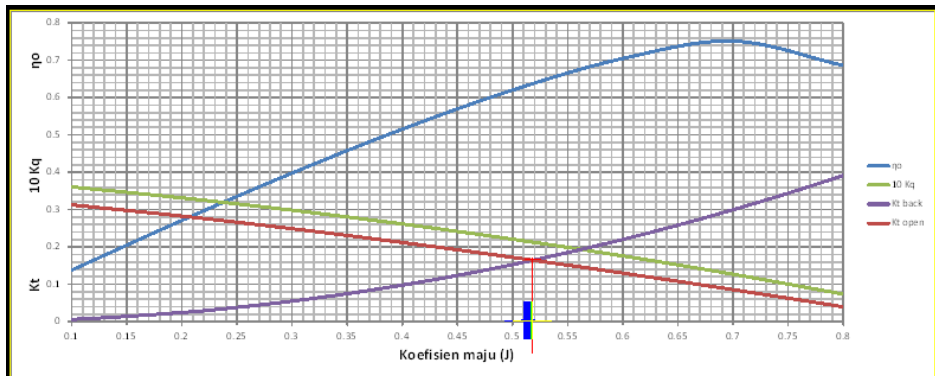
187) Interseksi antara kurva $K_{t_{Hull}}$ vs J dengan kurva $K_{t_{Prop}}$ vs J pada
 $V_s = 14$ knot dan rasio $P/D = 0.79$



Hasil interseksi:

$J = 0.514166$
 $K_q = 0.020732$
 $\eta_o = 0.63841$

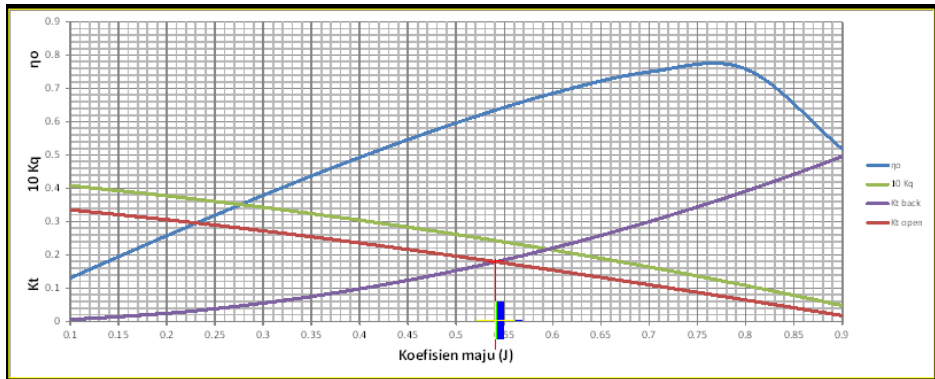
188) Interseksi antara kurva $K_{t_{Hull}}$ vs J dengan kurva $K_{t_{Prop}}$ vs J pada
 $V_s = 14$ knot dan rasio $P/D = 0.8$



Hasil interseksi:

$J = 0.5186297$
 $K_q = 0.021287$
 $\eta_o = 0.63807$

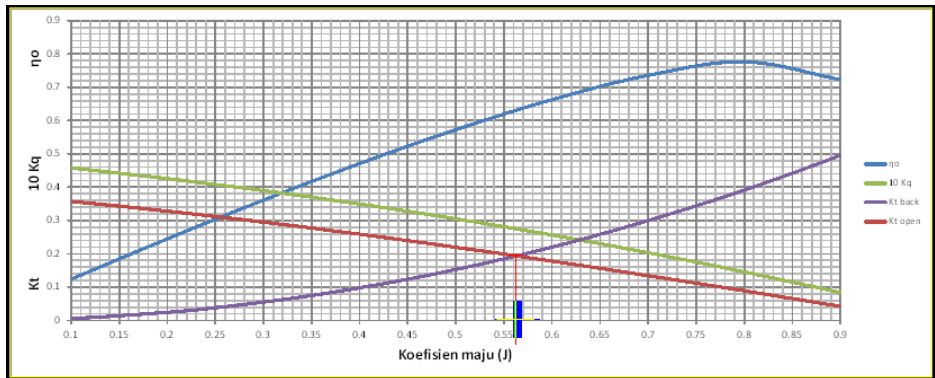
189) Interseksi antara kurva K_{tHull} vs J dengan kurva K_{tProp} vs J pada
 $V_s = 14$ knot dan rasio $P/D = 0.85$



Hasil interseksi:

$J = 0.54109$
 $Kq = 0.024277$
 $\eta_0 = 0.63531$

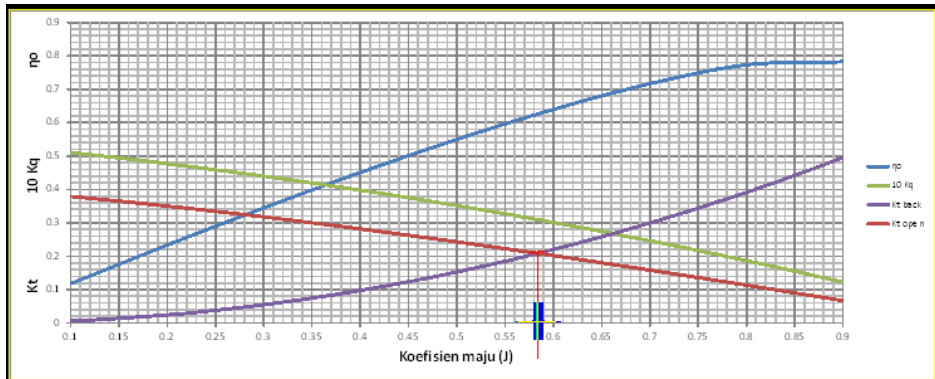
190) Interseksi antara kurva K_{tHull} vs J dengan kurva K_{tProp} vs J pada
 $V_s = 14$ knot dan rasio $P/D = 0.9$



Hasil interseksi:

$J = 0.5628277$
 $Kq = 0.027507$
 $\eta_0 = 0.63115$

191) Interseksi antara kurva K_{tHull} vs J dengan kurva K_{tProp} vs J pada
 $V_s = 14$ knot dan rasio $P/D = 0.95$



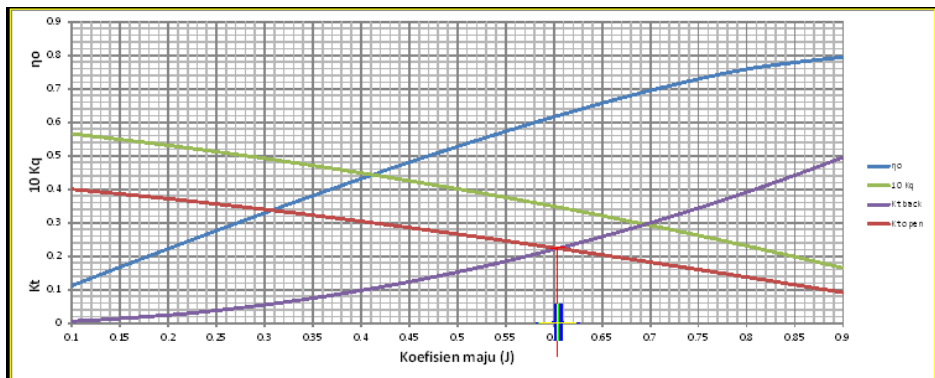
Hasil interseksi:

$J = 0.5838849$

$K_q = 0.030973$

$\eta_o = 0.62598$

192) Interseksi antara kurva K_{tHull} vs J dengan kurva K_{tProp} vs J pada
 $V_s = 14$ knot dan rasio $P/D = 1$



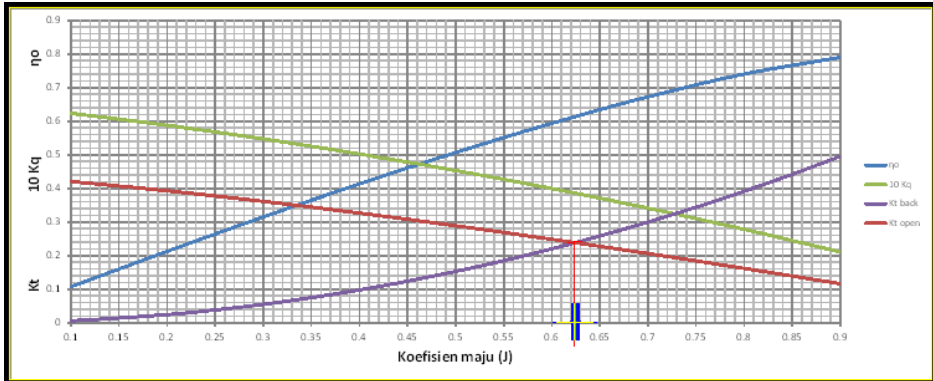
Hasil interseksi:

$J = 0.6044273$

$K_q = 0.034661$

$\eta_o = 0.62022$

- 193) Interseksi antara kurva K_{tHull} vs J dengan kurva K_{tProp} vs J pada
 $V_s = 14$ knot dan rasio $P/D = 1.05$



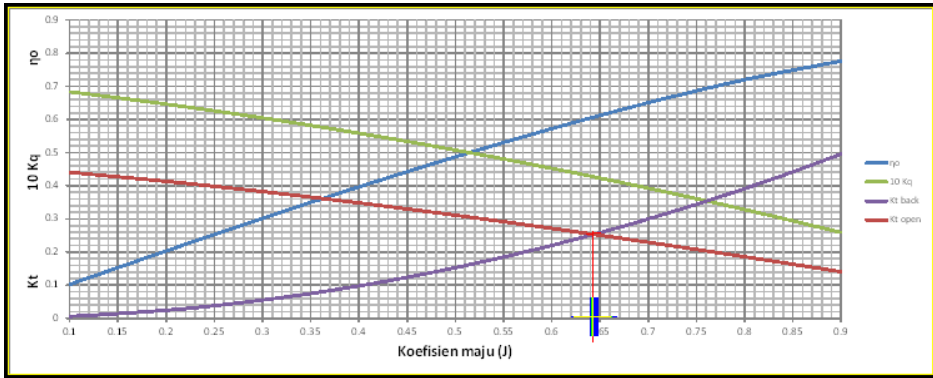
Hasil interseksi:

$$J = 0.6242412$$

$$Kq = 0.038578$$

$$\eta_0 = 0.61391$$

- 194) Interseksi antara kurva K_{tHull} vs J dengan kurva K_{tProp} vs J pada
 $V_s = 14$ knot dan rasio $P/D = 1.1$



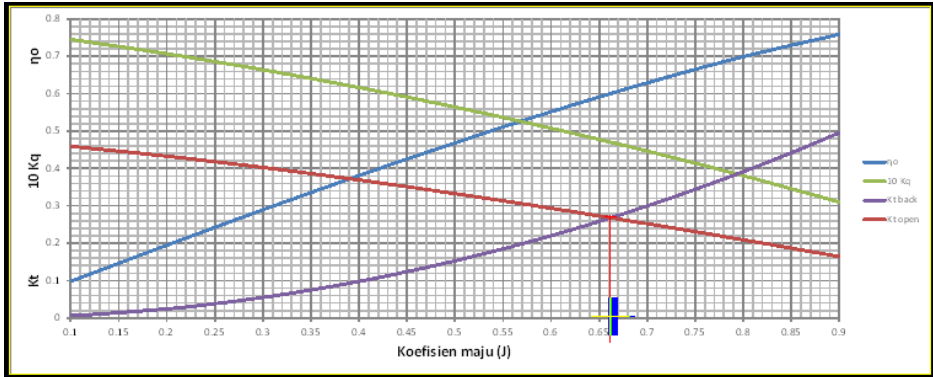
Hasil interseksi:

$$J = 0.64343$$

$$Kq = 0.042710$$

$$\eta_0 = 0.60734$$

- 195) Interseksi antara kurva K_{tHull} vs J dengan kurva K_{tProp} vs J pada
 $V_s = 14$ knot dan rasio $P/D = 1.15$



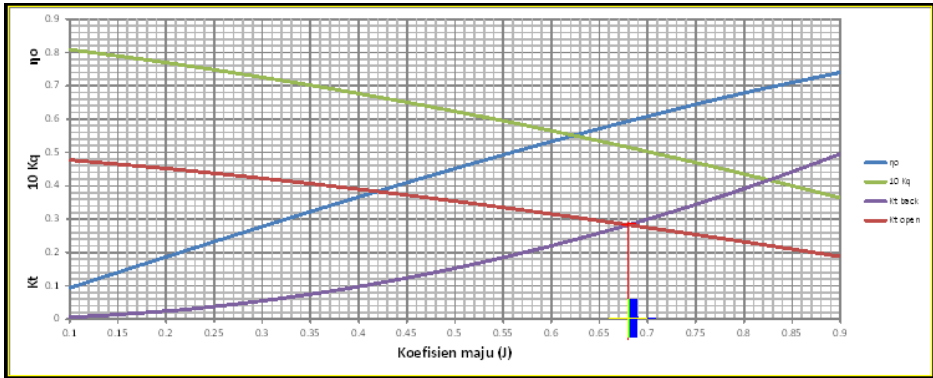
Hasil interseksi:

$$J = 0.6621608$$

$$Kq = 0.047035$$

$$\eta_o = 0.60081$$

- 196) Interseksi antara kurva K_{tHull} vs J dengan kurva K_{tProp} vs J pada
 $V_s = 14$ knot dan rasio $P/D = 1.2$



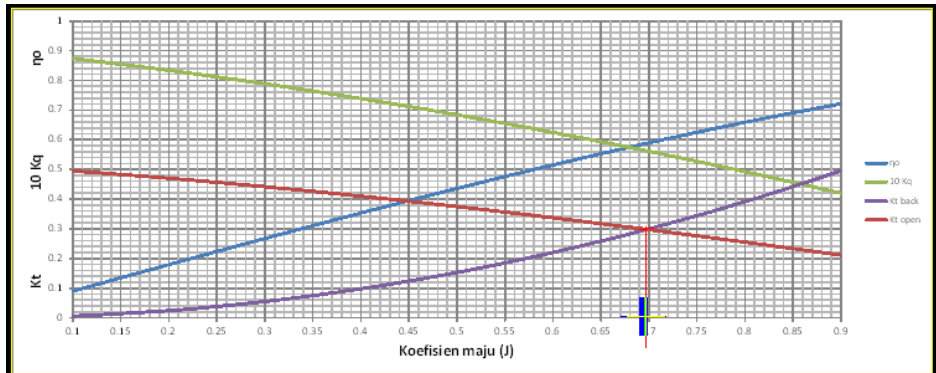
Hasil interseksi:

$$J = 0.680096$$

$$Kq = 0.051560$$

$$\eta_o = 0.59422$$

197) Interseksi antara kurva K_{tHull} vs J dengan kurva K_{tProp} vs J pada
 $V_s = 14$ knot dan rasio $P/D = 1.25$



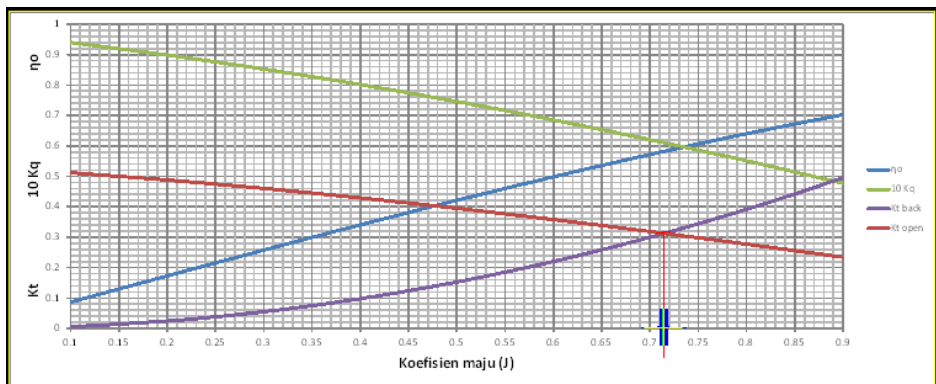
Hasil interseksi:

$J = 0.697765$

$K_q = 0.056233$

$\eta_p = 0.58811$

198) Interseksi antara kurva K_{tHull} vs J dengan kurva K_{tProp} vs J pada
 $V_s = 14$ knot dan rasio $P/D = 1.3$



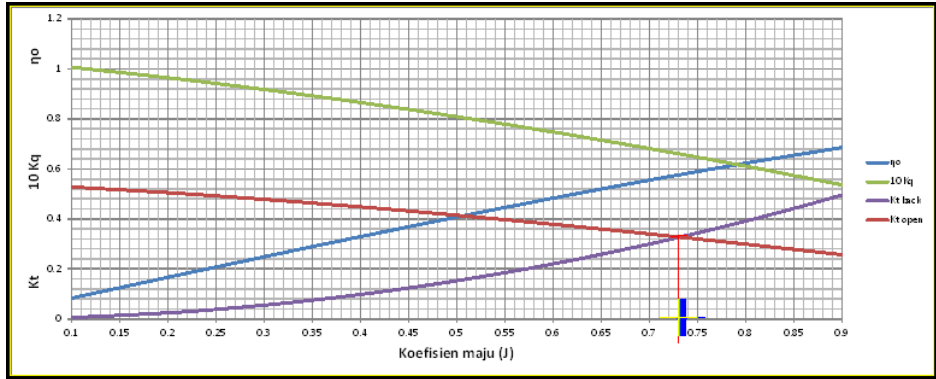
Hasil interseksi:

$J = 0.714775$

$K_q = 0.061059$

$\eta_p = 0.58233$

199) Interseksi antara kurva $K_{t_{Hull}}$ vs J dengan kurva $K_{t_{Prop}}$ vs J pada
 $V_s = 14$ knot dan rasio $P/D = 1.35$



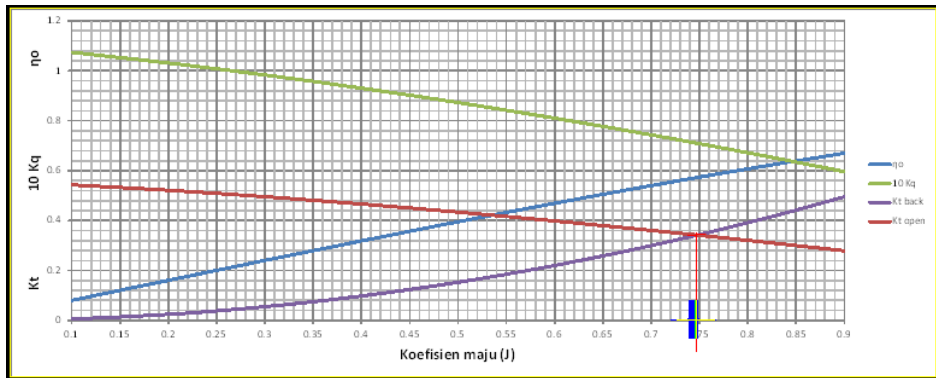
Hasil interseksi:

$J = 0.7313494$

$K_q = 0.065997$

$\eta_o = 0.57720$

200) Interseksi antara kurva $K_{t_{Hull}}$ vs J dengan kurva $K_{t_{Prop}}$ vs J pada
 $V_s = 14$ knot dan rasio $P/D = 1.4$



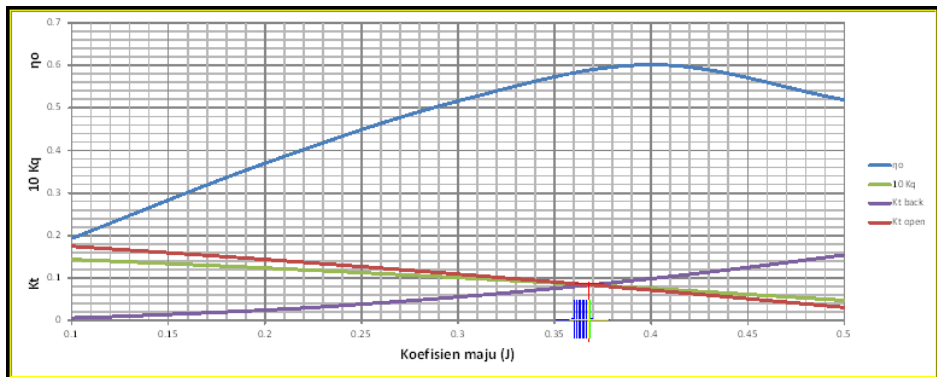
Hasil interseksi:

$J = 0.747673$

$K_q = 0.071001$

$\eta_o = 0.57296$

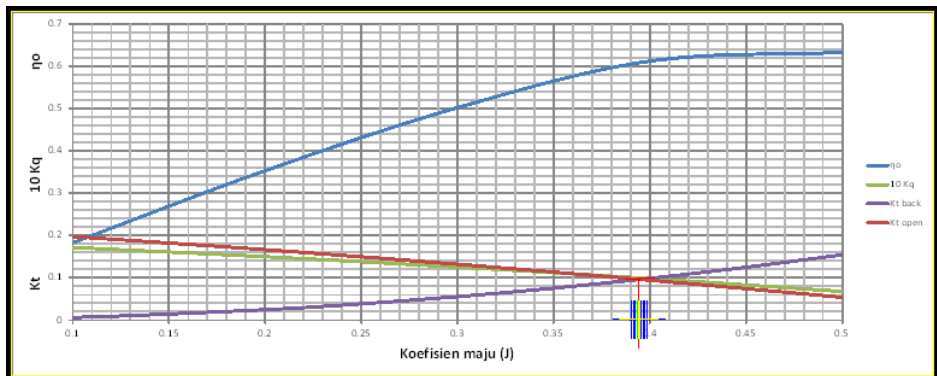
201) Interseksi antara kurva $K_{t_{Hull}}$ vs J dengan kurva $K_{t_{Prop}}$ vs J pada
 $V_s = 15$ knot dan rasio $P/D = 0.5$



Hasil interseksi:

$J = 0.368345$
 $K_q = 0.008398$
 $\eta_0 = 0.58488$

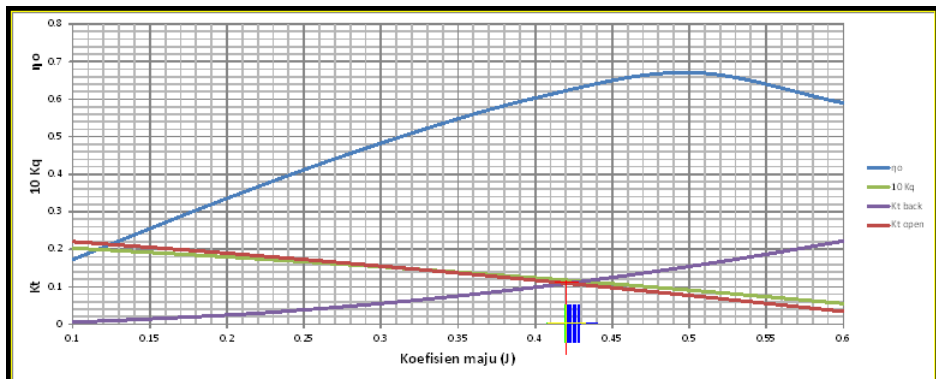
202) Interseksi antara kurva $K_{t_{Hull}}$ vs J dengan kurva $K_{t_{Prop}}$ vs J pada
 $V_s = 15$ knot dan rasio $P/D = 0.55$



Hasil interseksi:

$J = 0.3949478$
 $K_q = 0.009953$
 $\eta_0 = 0.60818$

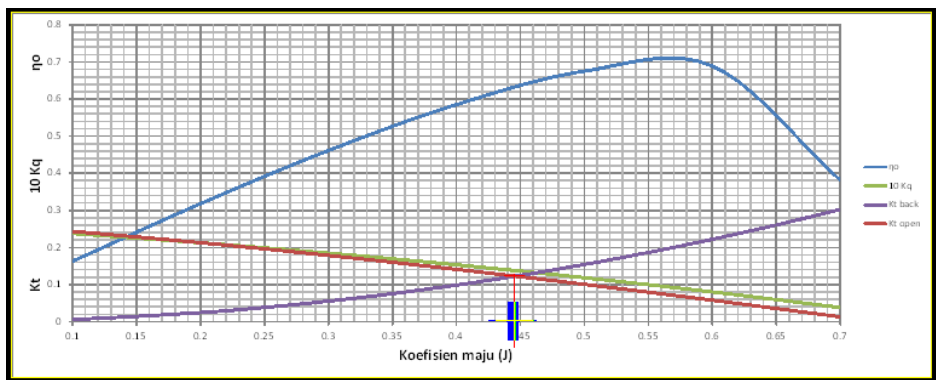
203) Interseksi antara kurva K_{tHull} vs J dengan kurva K_{tProp} vs J pada
 $V_s = 15$ knot dan rasio $P/D = 0.6$



Hasil interseksi:

$J = 0.4208229$
 $K_q = 0.011748$
 $\eta_0 = 0.62326$

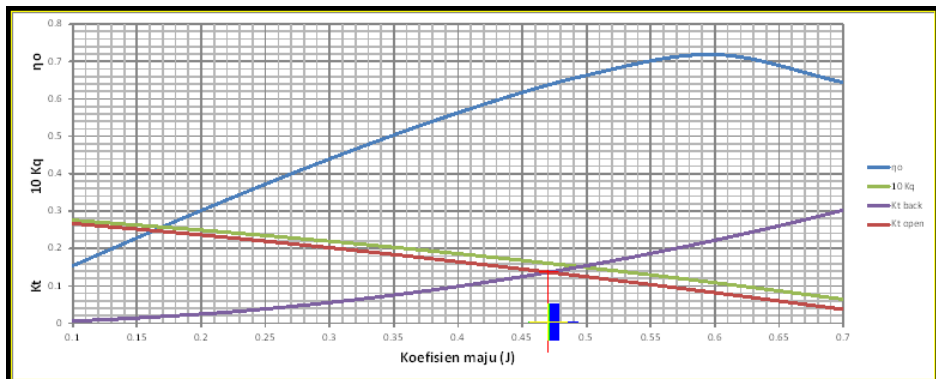
204) Interseksi antara kurva K_{tHull} vs J dengan kurva K_{tProp} vs J pada
 $V_s = 15$ knot dan rasio $P/D = 0.65$



Hasil interseksi:

$J = 0.4460585$
 $K_q = 0.013781$
 $\eta_0 = 0.63236$

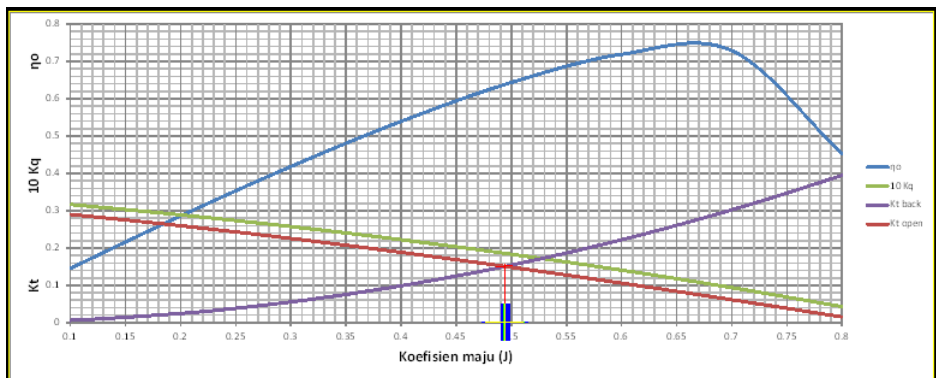
205) Interseksi antara kurva K_{tHull} vs J dengan kurva K_{tProp} vs J pada
 $V_s = 15$ knot dan rasio $P/D = 0.7$



Hasil interseksi:

$J = 0.47054$
 $K_q = 0.016056$
 $\eta_o = 0.63700$

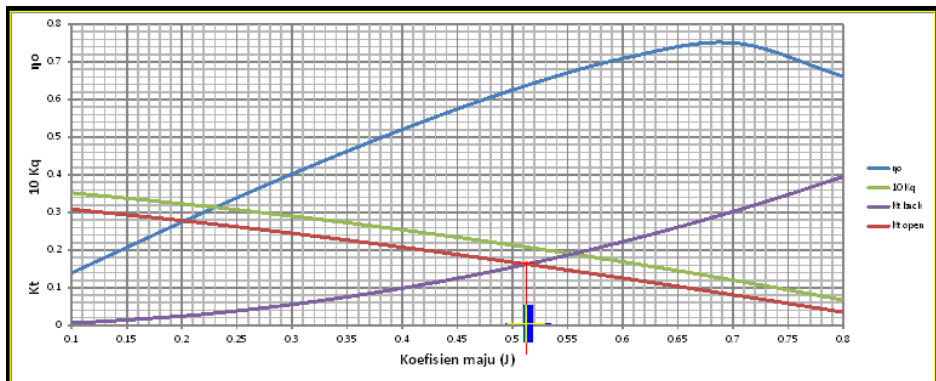
206) Interseksi antara kurva K_{tHull} vs J dengan kurva K_{tProp} vs J pada
 $V_s = 15$ knot dan rasio $P/D = 0.75$



Hasil interseksi:

$J = 0.4942875$
 $K_q = 0.018573$
 $\eta_o = 0.63834$

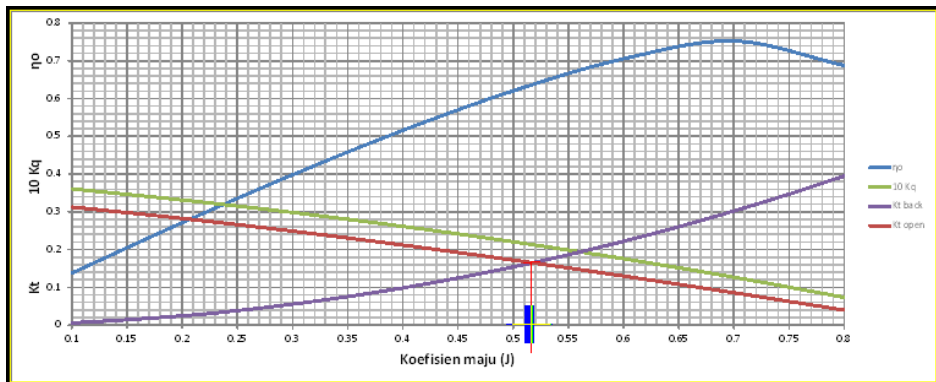
207) Interseksi antara kurva K_{tHull} vs J dengan kurva K_{tProp} vs J pada
 $V_s = 15$ knot dan rasio $P/D = 0.79$



Hasil interseksi:

$J = 0.512861$
 $K_q = 0.020776$
 $\eta_o = 0.63760$

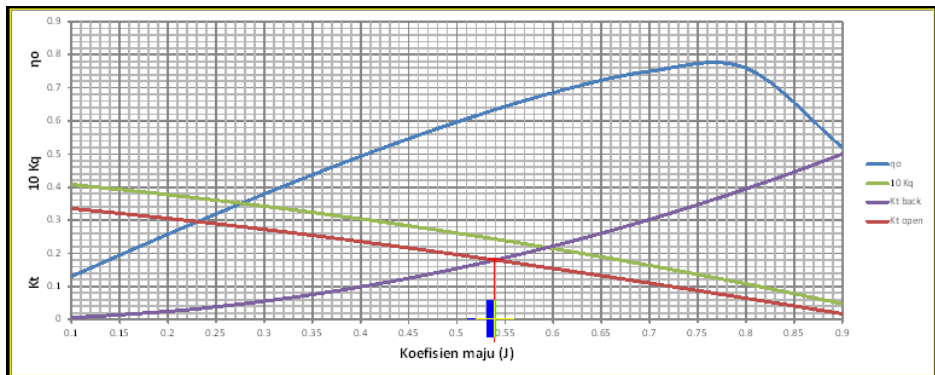
208) Interseksi antara kurva K_{tHull} vs J dengan kurva K_{tProp} vs J pada
 $V_s = 15$ knot dan rasio $P/D = 0.8$



Hasil interseksi:

$J = 0.5172902$
 $K_q = 0.021334$
 $\eta_o = 0.63723$

209) Interseksi antara kurva K_{tHull} vs J dengan kurva K_{tProp} vs J pada
 $V_s = 15$ knot dan rasio $P/D = 0.85$



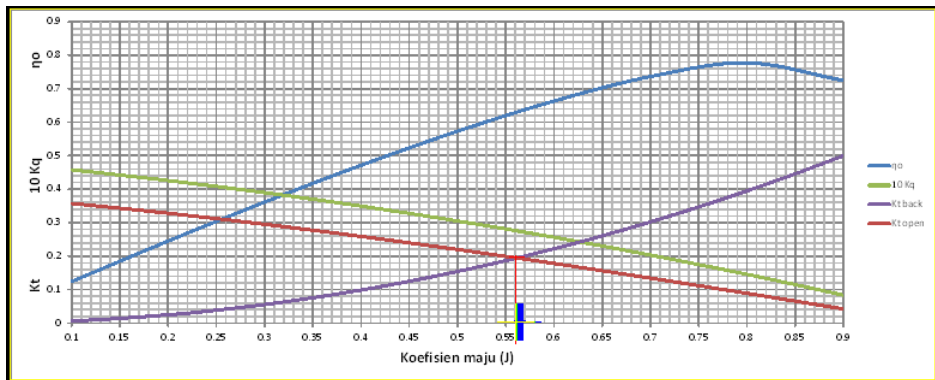
Hasil interseksi:

$$J = 0.5396935$$

$$Kq = 0.024330$$

$$\eta_o = 0.63438$$

210) Interseksi antara kurva K_{tHull} vs J dengan kurva K_{tProp} vs J pada
 $V_s = 15$ knot dan rasio $P/D = 0.9$



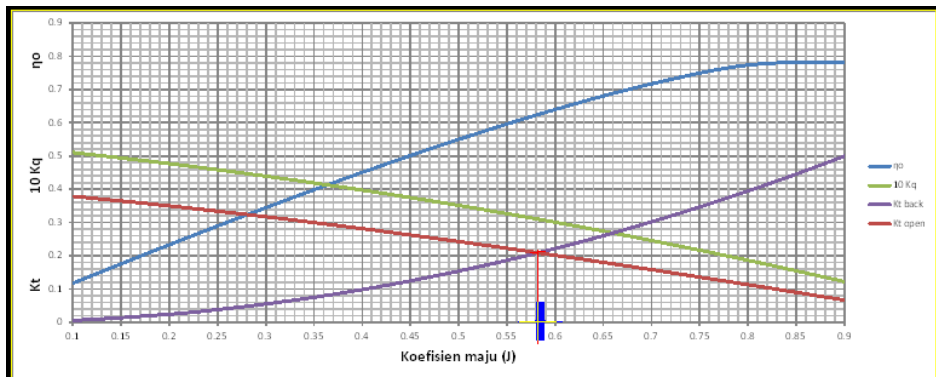
Hasil interseksi:

$$J = 0.561305$$

$$Kq = 0.027571$$

$$\eta_o = 0.63010$$

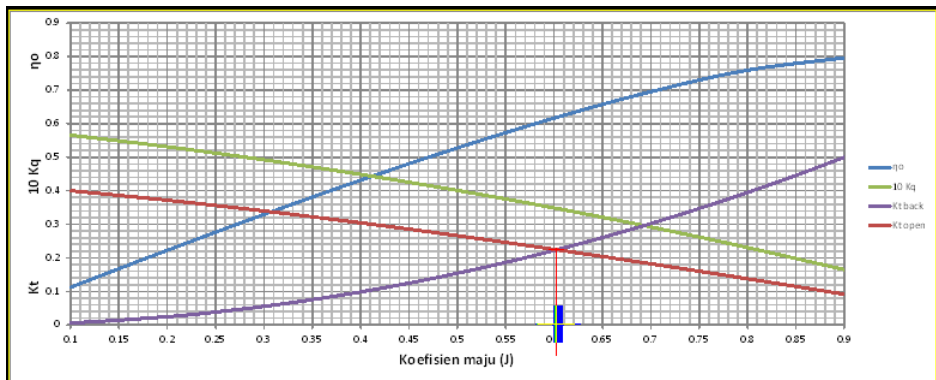
211) Interseksi antara kurva $K_{t_{Hull}}$ vs J dengan kurva $K_{t_{Prop}}$ vs J pada
 $V_s = 15$ knot dan rasio $P/D = 0.95$



Hasil interseksi:

$J = 0.5823177$
 $K_q = 0.031044$
 $\eta_o = 0.62488$

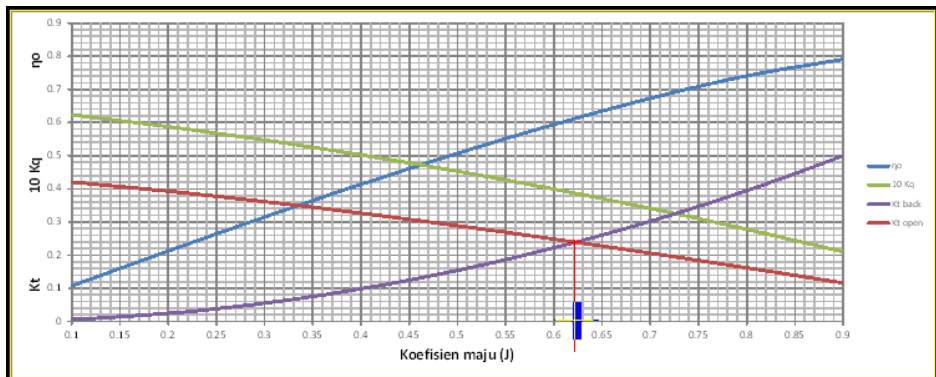
212) Interseksi antara kurva $K_{t_{Hull}}$ vs J dengan kurva $K_{t_{Prop}}$ vs J pada
 $V_s = 15$ knot dan rasio $P/D = 1$



Hasil interseksi:

$J = 0.602806$
 $K_q = 0.034740$
 $\eta_o = 0.61908$

213) Interseksi antara kurva Kt_{Hull} vs J dengan kurva Kt_{Prop} vs J pada
 $V_s = 15$ knot dan rasio $P/D = 1.05$



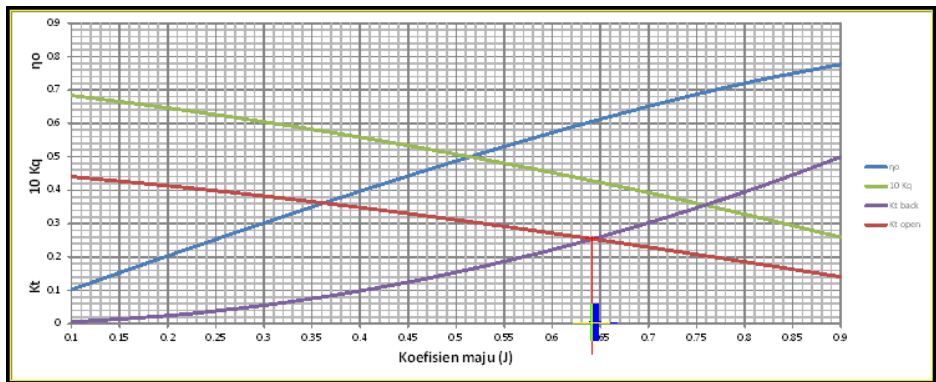
Hasil interseksi:

$$J = 0.6225707$$

$$Kq = 0.038664$$

$$\eta_0 = 0.61275$$

214) Interseksi antara kurva Kt_{Hull} vs J dengan kurva Kt_{Prop} vs J pada
 $V_s = 15$ knot dan rasio $P/D = 1.1$



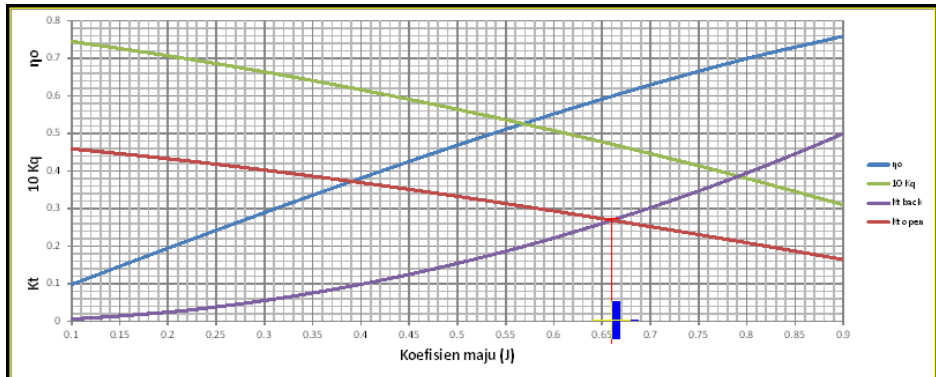
Hasil interseksi:

$$J = 0.6416988$$

$$Kq = 0.042804$$

$$\eta_0 = 0.60615$$

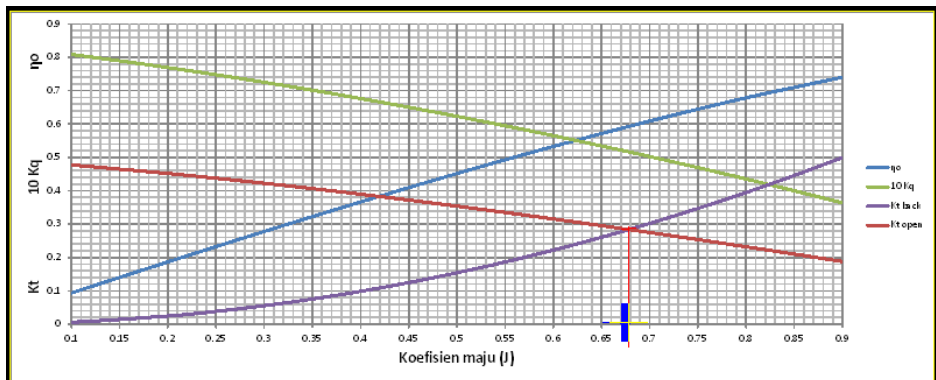
215) Interseksi antara kurva K_{tHull} vs J dengan kurva K_{tProp} vs J pada $V_s = 15$ knot dan rasio $P/D = 1.15$



Hasil interseksi:

$J = 0.6602787$
 $Kq = 0.047142$
 $\eta_o = 0.59952$

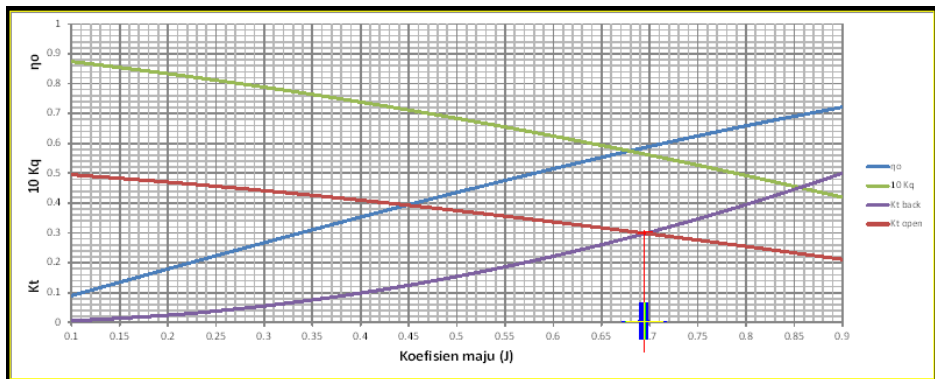
216) Interseksi antara kurva K_{tHull} vs J dengan kurva K_{tProp} vs J pada $V_s = 15$ knot dan rasio $P/D = 1.2$



Hasil interseksi:

$J = 0.678233$
 $Kq = 0.051671$
 $\eta_o = 0.59297$

217) Interseksi antara kurva K_{tHull} vs J dengan kurva K_{tProp} vs J pada
 $V_s = 15$ knot dan rasio $P/D = 1.25$



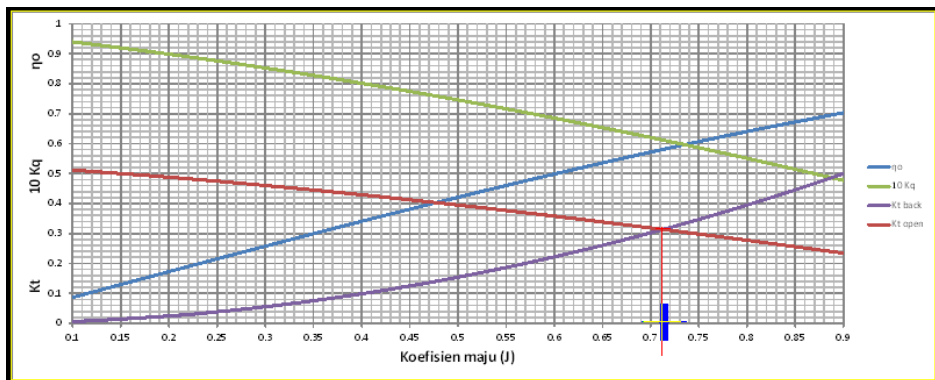
Hasil interseksi:

$$J = 0.6957703$$

$$Kq = 0.056357$$

$$\eta_0 = 0.58679$$

218) Interseksi antara kurva K_{tHull} vs J dengan kurva K_{tProp} vs J pada
 $V_s = 15$ knot dan rasio $P/D = 1.3$



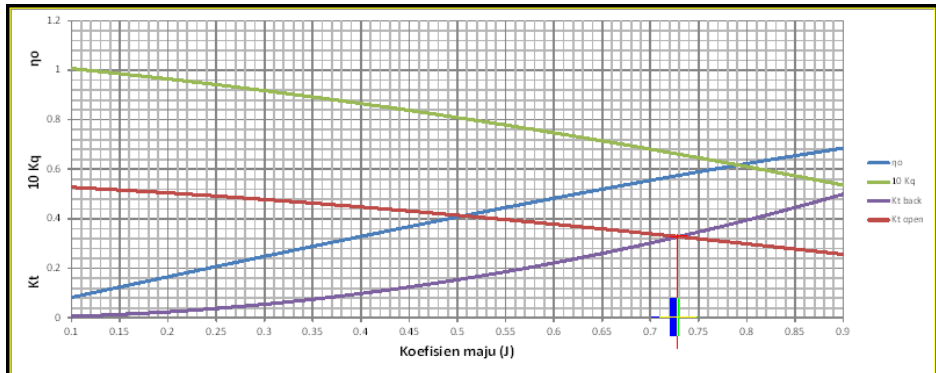
Hasil interseksi:

$$J = 0.7127061$$

$$Kq = 0.061192$$

$$\eta_0 = 0.58098$$

219) Interseksi antara kurva K_{tHull} vs J dengan kurva K_{tProp} vs J pada
 $V_s = 15$ knot dan rasio $P/D = 1.35$



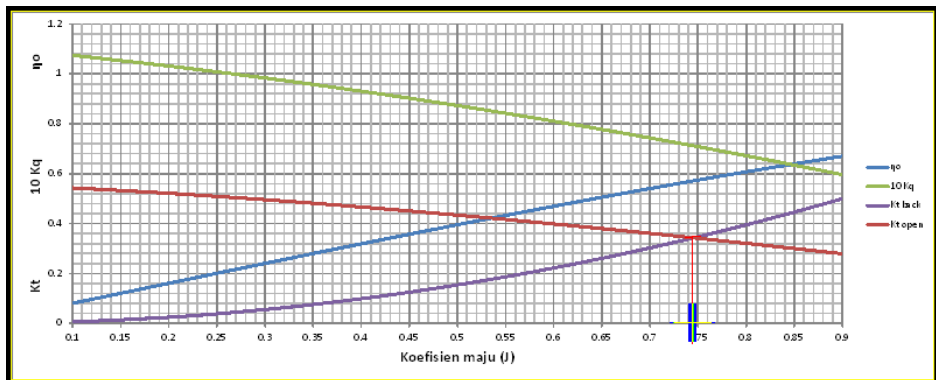
Hasil interseksi:

$J = 0.7292474$

$Kq = 0.066136$

$\eta_0 = 0.57584$

220) Interseksi antara kurva K_{tHull} vs J dengan kurva K_{tProp} vs J pada
 $V_s = 15$ knot dan rasio $P/D = 1.4$



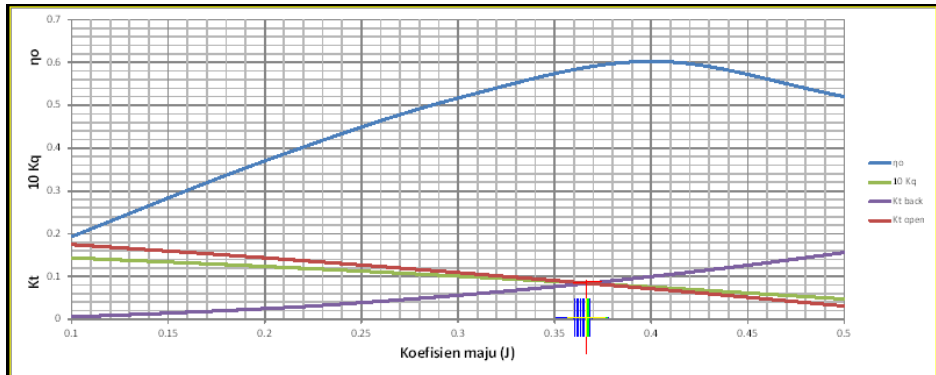
Hasil interseksi:

$J = 0.74541$

$Kq = 0.071155$

$\eta_0 = 0.57152$

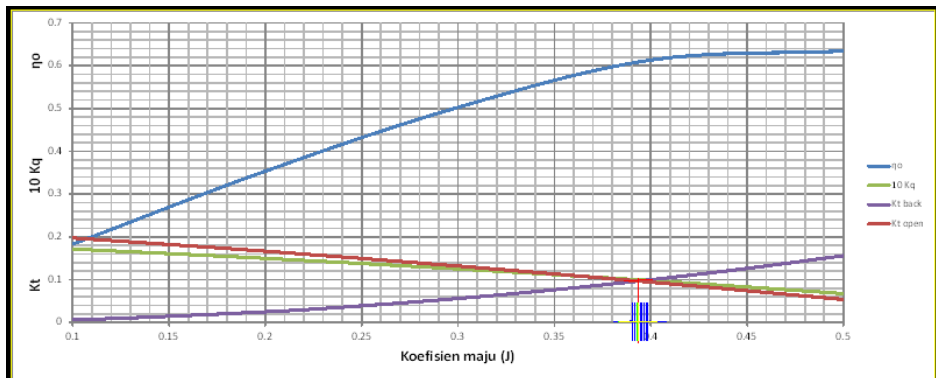
221) Interseksi antara kurva K_{tHull} vs J dengan kurva K_{tProp} vs J pada
 $V_s = 16$ knot dan rasio $P/D = 0.5$



Hasil interseksi:

$J = 0.3671749$
 $Kq = 0.008418$
 $\eta_0 = 0.58478$

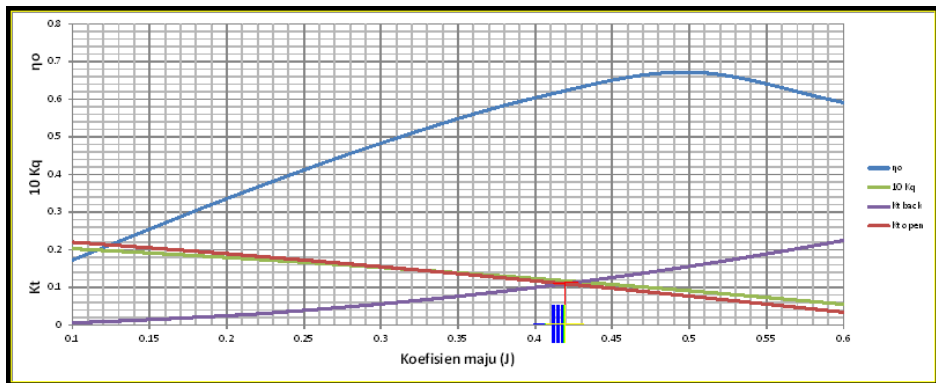
222) Interseksi antara kurva K_{tHull} vs J dengan kurva K_{tProp} vs J pada
 $V_s = 16$ knot dan rasio $P/D = 0.55$



Hasil interseksi:

$J = 0.3937055$
 $Kq = 0.009978$
 $\eta_0 = 0.60783$

223) Interseksi antara kurva K_{tHull} vs J dengan kurva K_{tProp} vs J pada
 $V_s = 16$ knot dan rasio $P/D = 0.6$



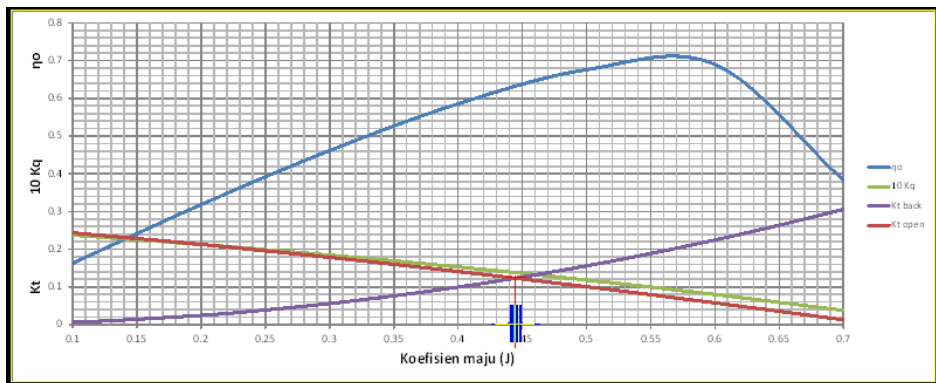
Hasil interseksi:

$J = 0.4194535$

$K_q = 0.011781$

$\eta_o = 0.62263$

224) Interseksi antara kurva K_{tHull} vs J dengan kurva K_{tProp} vs J pada
 $V_s = 16$ knot dan rasio $P/D = 0.65$



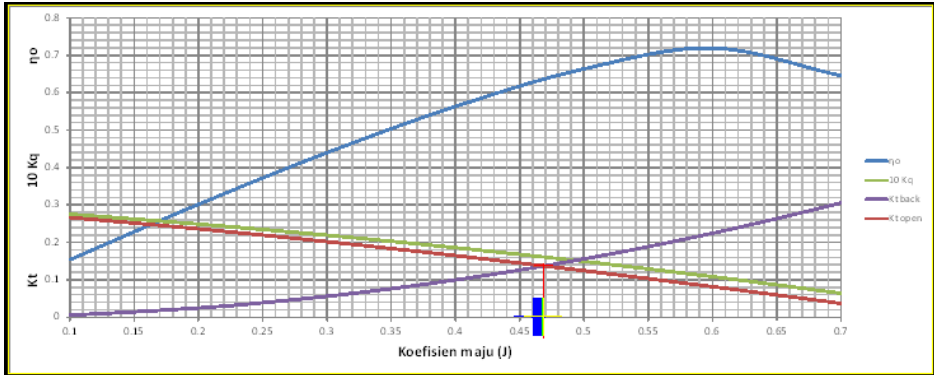
Hasil interseksi:

$J = 0.444565$

$K_q = 0.013822$

$\eta_o = 0.63150$

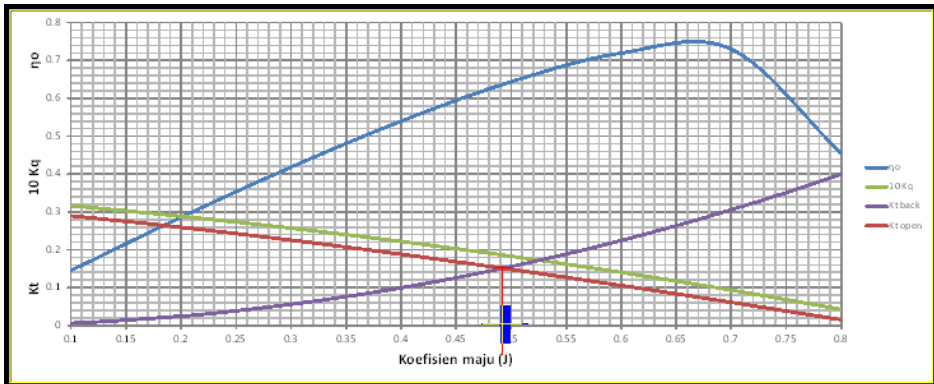
225) Interseksi antara kurva K_{tHull} vs J dengan kurva K_{tProp} vs J pada
 $V_s = 16$ knot dan rasio $P/D = 0.7$



Hasil interseksi:

$J = 0.468983$
 $Kq = 0.016104$
 $\eta_0 = 0.63599$

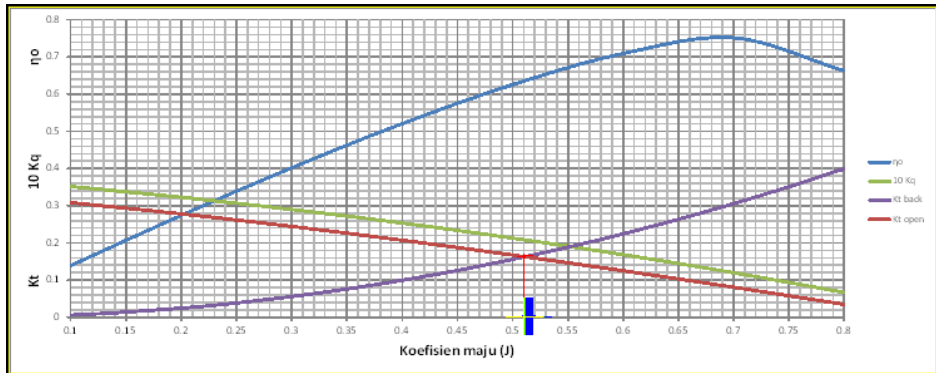
226) Interseksi antara kurva K_{tHull} vs J dengan kurva K_{tProp} vs J pada
 $V_s = 16$ knot dan rasio $P/D = 0.75$



Hasil interseksi:

$J = 0.4925326$
 $Kq = 0.018634$
 $\eta_0 = 0.63710$

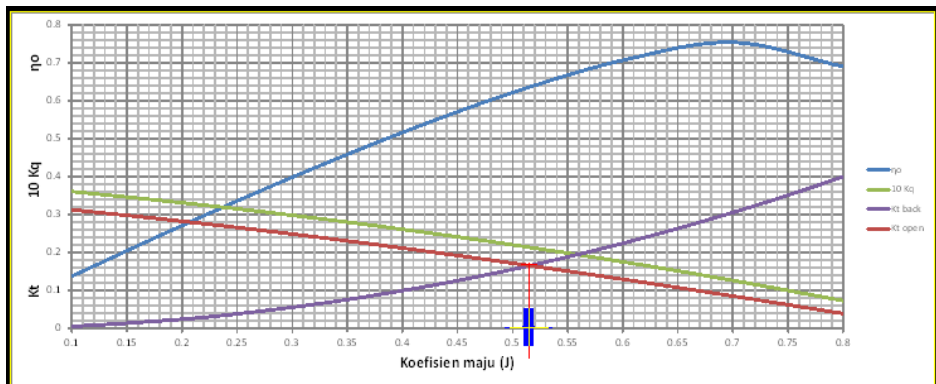
227) Interseksi antara kurva K_{tHull} vs J dengan kurva K_{tProp} vs J pada $V_s = 16$ knot dan rasio $P/D = 0.79$



Hasil interseksi:

$J = 0.5110663$
 $K_q = 0.020843$
 $\eta_0 = 0.63629$

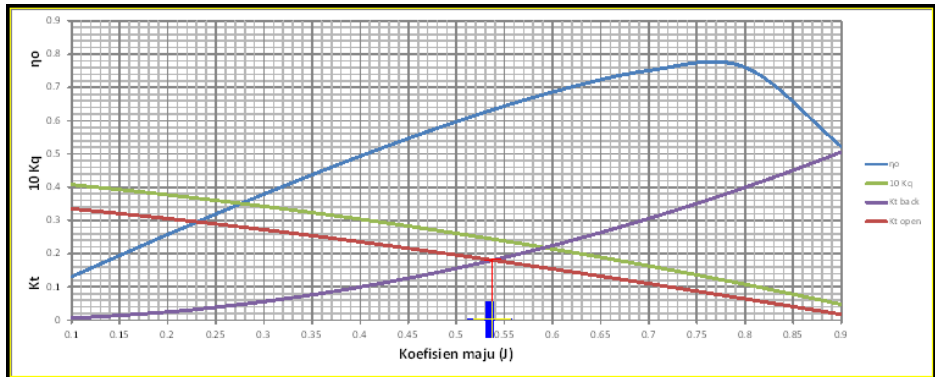
228) Interseksi antara kurva K_{tHull} vs J dengan kurva K_{tProp} vs J pada $V_s = 16$ knot dan rasio $P/D = 0.8$



Hasil interseksi:

$J = 0.5154779$
 $K_q = 0.021402$
 $\eta_0 = 0.63590$

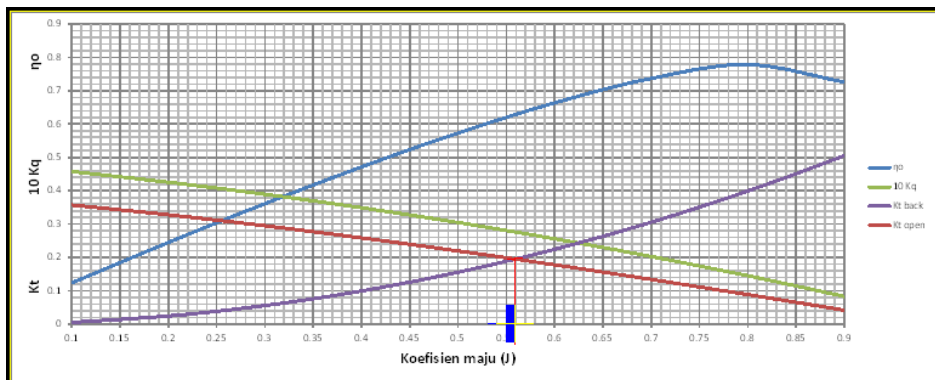
229) Interseksi antara kurva K_{tHull} vs J dengan kurva K_{tProp} vs J pada
 $V_s = 16$ knot dan rasio $P/D = 0.85$



Hasil interseksi:

$J = 0.5378265$
 $Kq = 0.024407$
 $\eta_o = 0.63299$

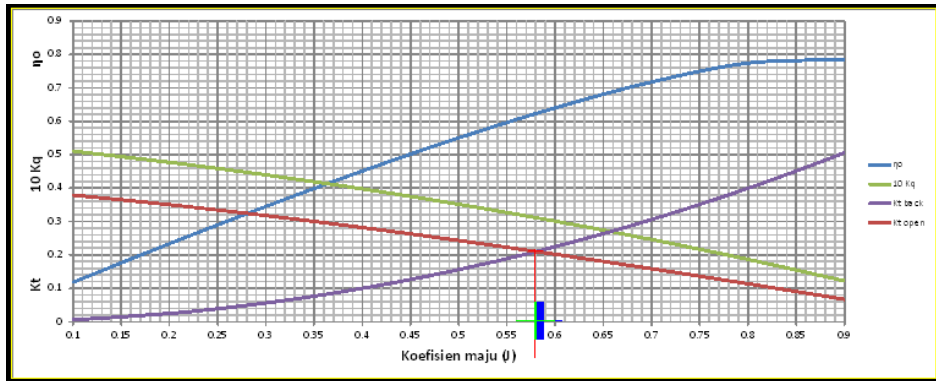
230) Interseksi antara kurva K_{tHull} vs J dengan kurva K_{tProp} vs J pada
 $V_s = 16$ knot dan rasio $P/D = 0.9$



Hasil interseksi:

$J = 0.5593375$
 $Kq = 0.027658$
 $\eta_o = 0.62862$

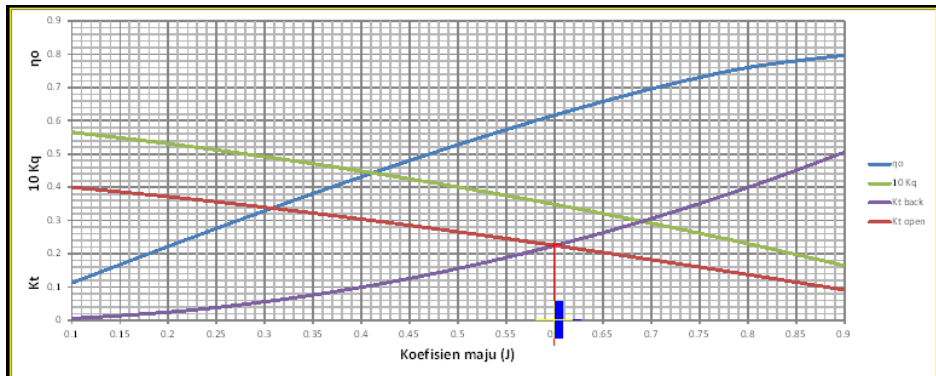
231) Interseksi antara kurva K_{tHull} vs J dengan kurva K_{tProp} vs J pada
 $V_s = 16$ knot dan rasio $P/D = 0.95$



Hasil interseksi:

$J = 0.5802$
 $K_q = 0.031144$
 $\eta_0 = 0.62329$

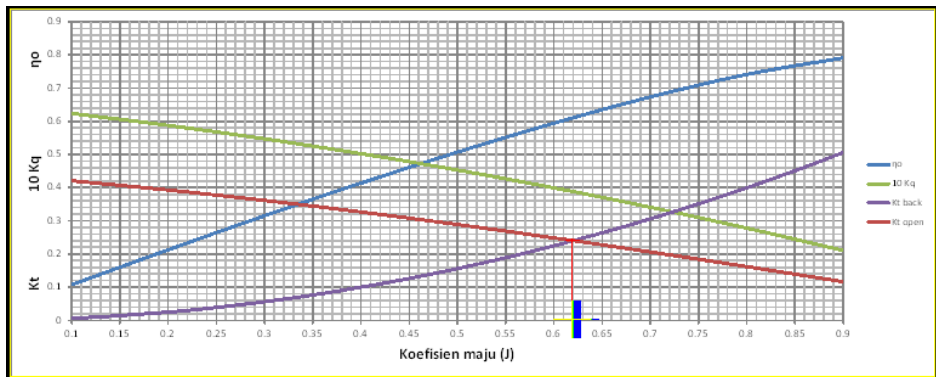
232) Interseksi antara kurva K_{tHull} vs J dengan kurva K_{tProp} vs J pada
 $V_s = 16$ knot dan rasio $P/D = 1$



Hasil interseksi:

$J = 0.6006771$
 $K_q = 0.034847$
 $\eta_0 = 0.61750$

233) Interseksi antara kurva $K_{t_{Hull}}$ vs J dengan kurva $K_{t_{Prop}}$ vs J pada
 $V_s = 16$ knot dan rasio $P/D = 1.05$



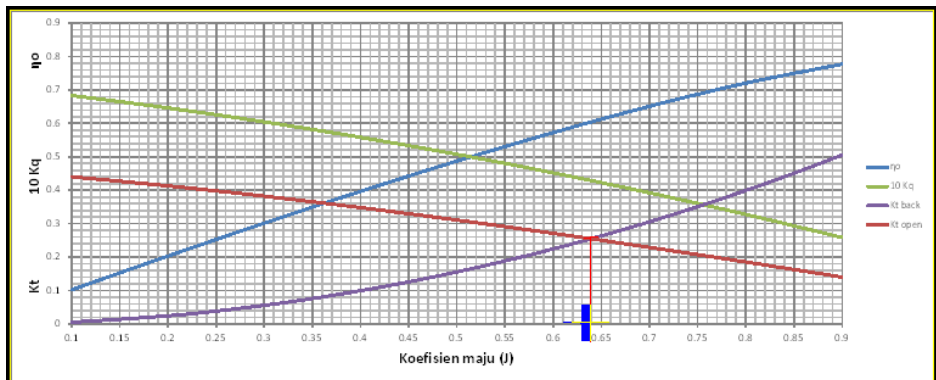
Hasil interseksi:

$$J = 0.6201837$$

$$Kq = 0.038792$$

$$\eta_0 = 0.61098$$

234) Interseksi antara kurva $K_{t_{Hull}}$ vs J dengan kurva $K_{t_{Prop}}$ vs J pada
 $V_s = 16$ knot dan rasio $P/D = 1.1$



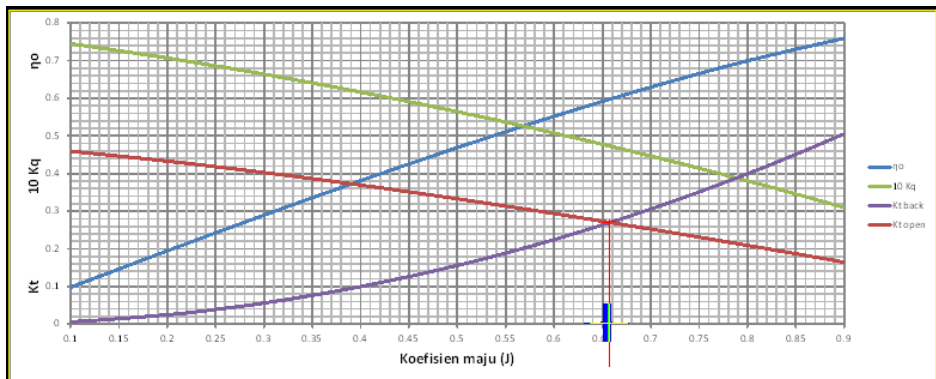
Hasil interseksi:

$$J = 0.6392496$$

$$Kq = 0.042941$$

$$\eta_0 = 0.60437$$

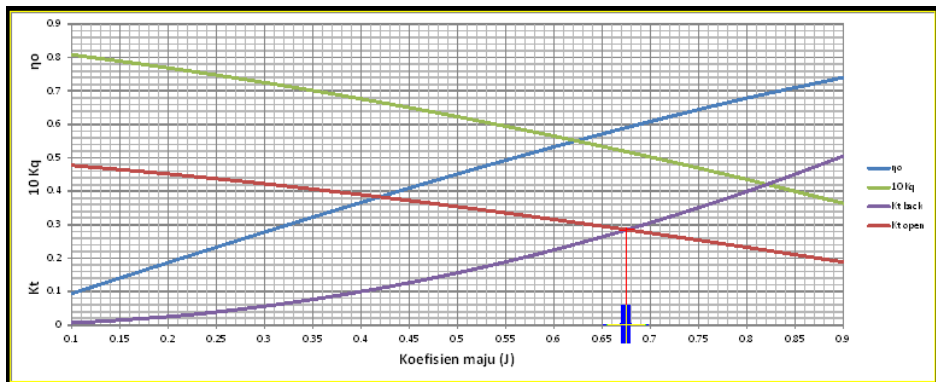
235) Interseksi antara kurva K_{tHull} vs J dengan kurva K_{tProp} vs J pada
 $V_s = 16$ knot dan rasio $P/D = 1.15$



Hasil interseksi:

$J = 0.6577451$
 $K_q = 0.047291$
 $\eta_0 = 0.59772$

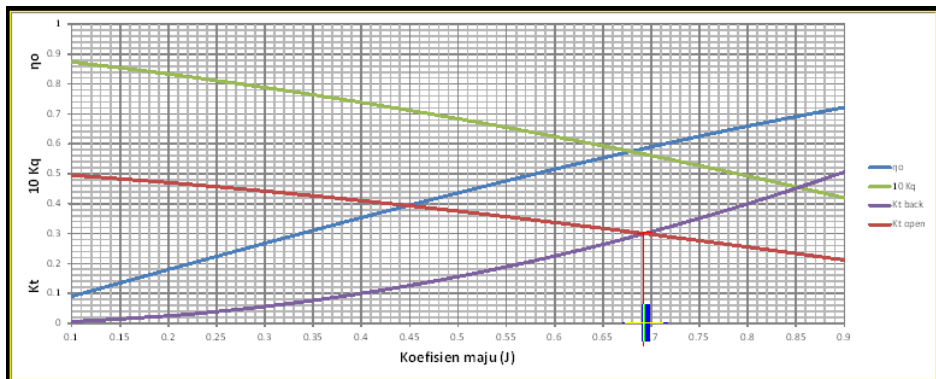
236) Interseksi antara kurva K_{tHull} vs J dengan kurva K_{tProp} vs J pada
 $V_s = 16$ knot dan rasio $P/D = 1.2$



Hasil interseksi:

$J = 0.675593$
 $K_q = 0.051832$
 $\eta_0 = 0.59112$

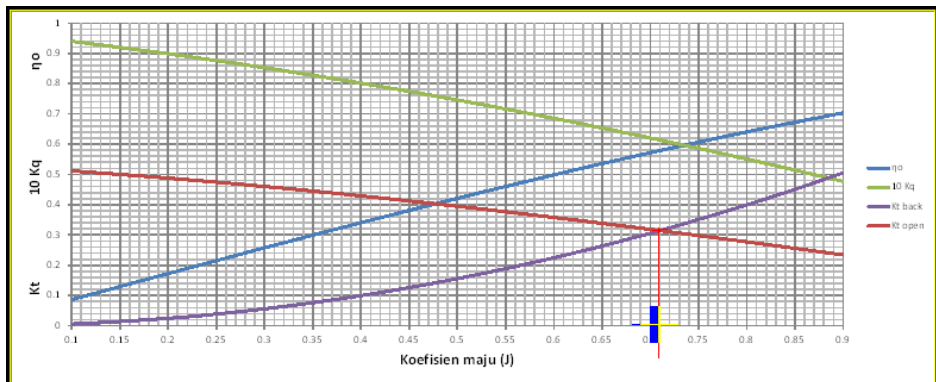
237) Interseksi antara kurva K_{tHull} vs J dengan kurva K_{tProp} vs J pada
 $V_s = 16$ knot dan rasio $P/D = 1.25$



Hasil interseksi:

$J = 0.6930775$
 $Kq = 0.056527$
 $\eta_0 = 0.58494$

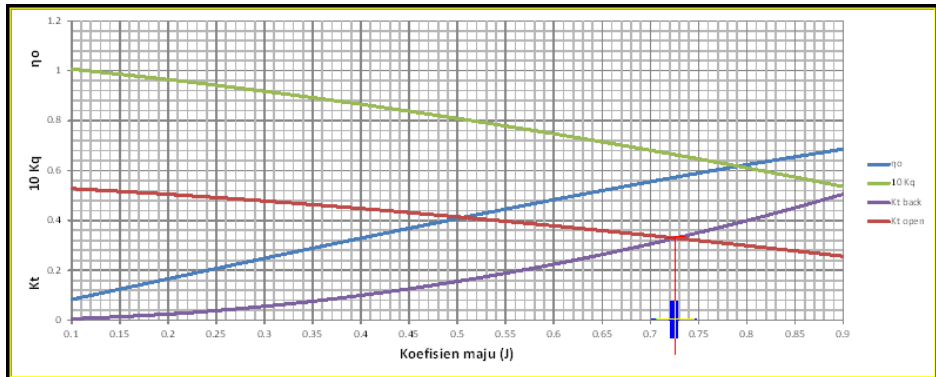
238) Interseksi antara kurva K_{tHull} vs J dengan kurva K_{tProp} vs J pada
 $V_s = 16$ knot dan rasio $P/D = 1.3$



Hasil interseksi:

$J = 0.709874$
 $Kq = 0.061377$
 $\eta_0 = 0.57908$

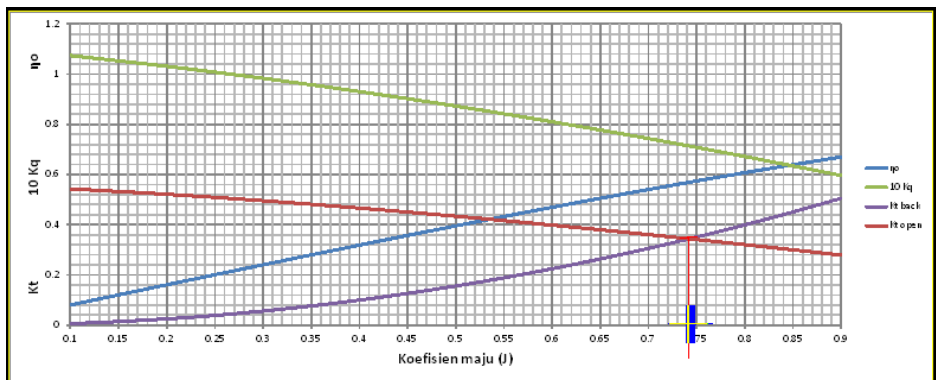
239) Interseksi antara kurva K_{tHull} vs J dengan kurva K_{tProp} vs J pada
 $V_s = 16$ knot dan rasio $P/D = 1.35$



Hasil interseksi:

$J = 0.7263797$
 $Kq = 0.066329$
 $\eta_0 = 0.57395$

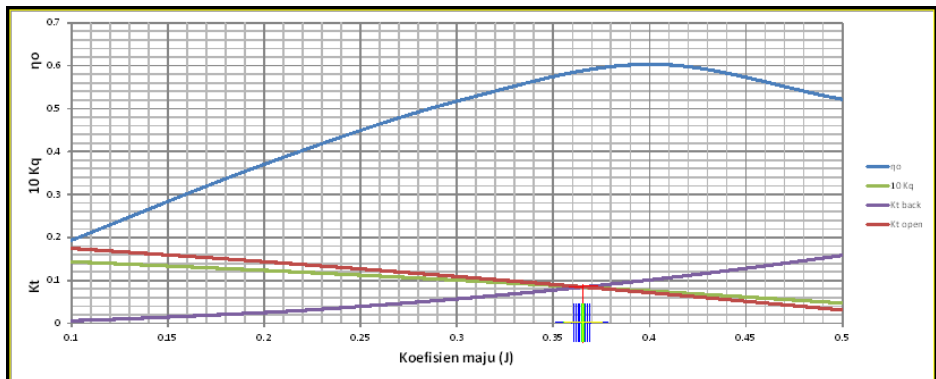
240) Interseksi antara kurva K_{tHull} vs J dengan kurva K_{tProp} vs J pada
 $V_s = 16$ knot dan rasio $P/D = 1.4$



Hasil interseksi:

$J = 0.7422865$
 $Kq = 0.071371$
 $\eta_0 = 0.56949$

241) Interseksi antara kurva K_{tHull} vs J dengan kurva K_{tProp} vs J pada $V_s = 17$ knot dan rasio $P/D = 0.5$



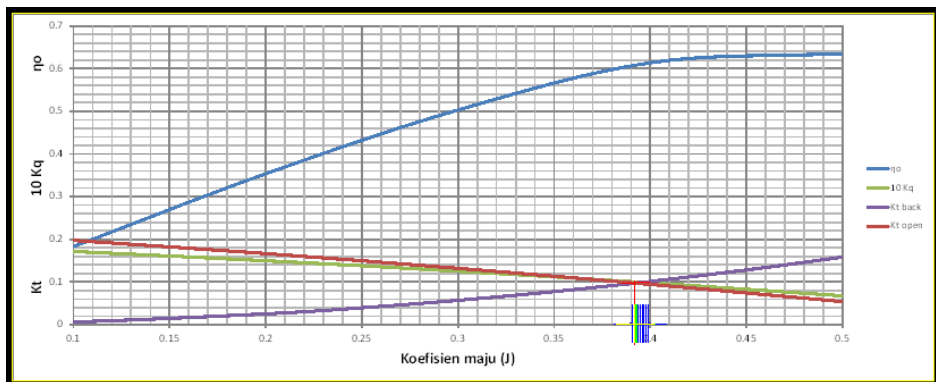
Hasil interseksi:

$$J = 0.3657737$$

$$Kq = 0.008445$$

$$\eta_0 = 0.58444$$

242) Interseksi antara kurva K_{tHull} vs J dengan kurva K_{tProp} vs J pada $V_s = 17$ knot dan rasio $P/D = 0.55$



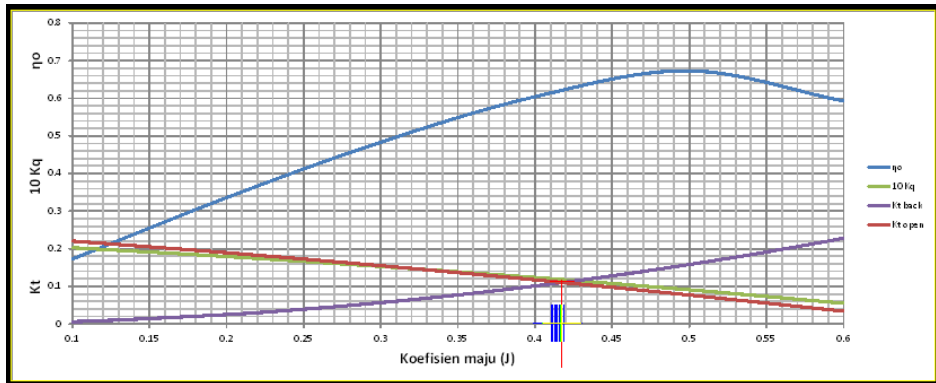
Hasil interseksi:

$$J = 0.392174$$

$$Kq = 0.010013$$

$$\eta_0 = 0.60715$$

- 243) Interseksi antara kurva K_{tHull} vs J dengan kurva K_{tProp} vs J pada $V_s = 17$ knot dan rasio $P/D = 0.6$



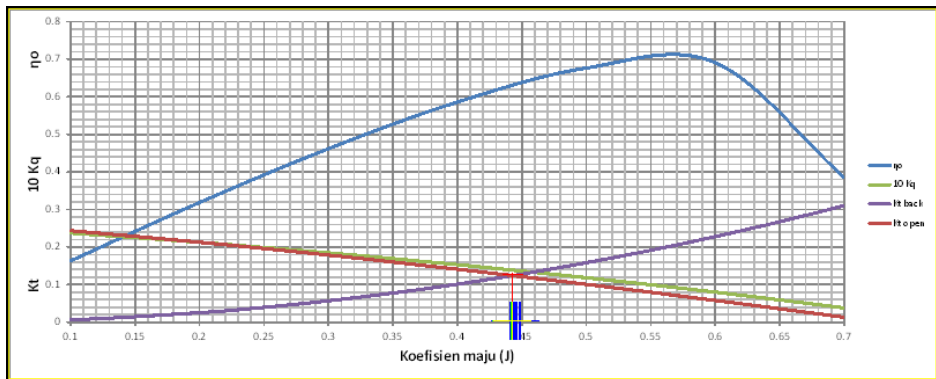
Hasil interseksi:

$$J = 0.4177835$$

$$Kq = 0.011824$$

$$\eta_0 = 0.62166$$

- 244) Interseksi antara kurva K_{tHull} vs J dengan kurva K_{tProp} vs J pada $V_s = 17$ knot dan rasio $P/D = 0.65$



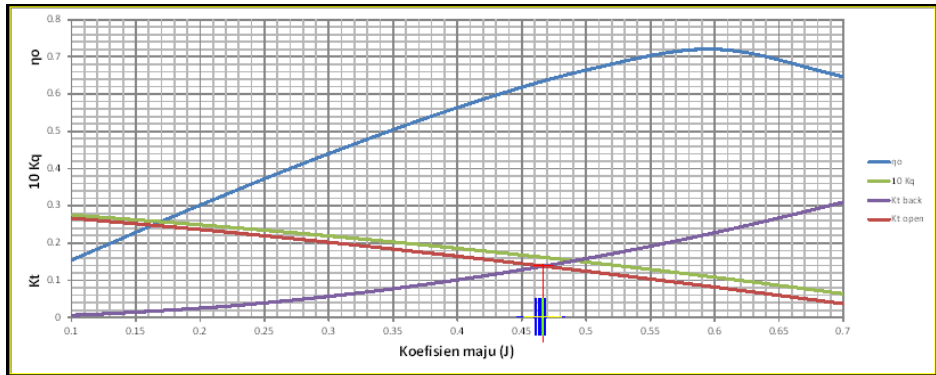
Hasil interseksi:

$$J = 0.442766$$

$$Kq = 0.013875$$

$$\eta_0 = 0.63029$$

245) Interseksi antara kurva K_{tHull} vs J dengan kurva K_{tProp} vs J pada
 $V_s = 17$ knot dan rasio $P/D = 0.7$



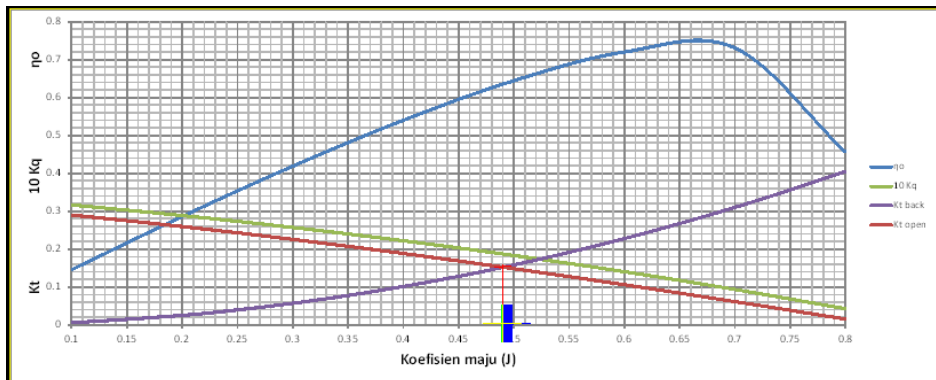
Hasil interseksi:

$J = 0.4669829$

$K_q = 0.016169$

$\eta_o = 0.63452$

246) Interseksi antara kurva K_{tHull} vs J dengan kurva K_{tProp} vs J pada
 $V_s = 17$ knot dan rasio $P/D = 0.75$



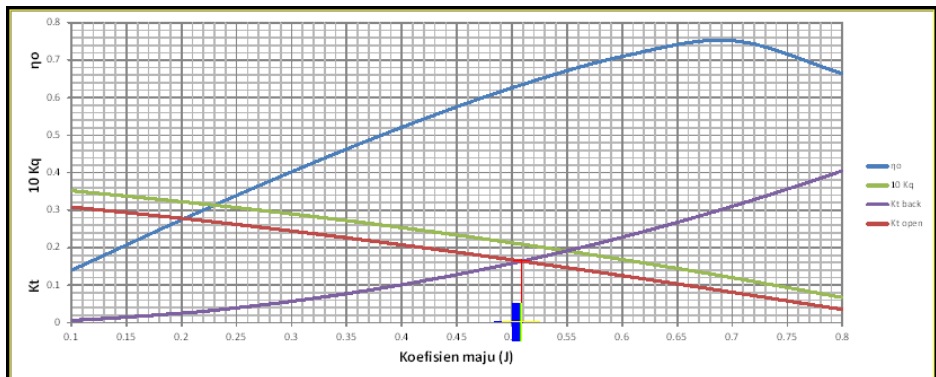
Hasil interseksi:

$J = 0.4905465$

$K_q = 0.018705$

$\eta_o = 0.63559$

247) Interseksi antara kurva K_{tHull} vs J dengan kurva K_{tProp} vs J pada $V_s = 17$ knot dan rasio $P/D = 0.79$



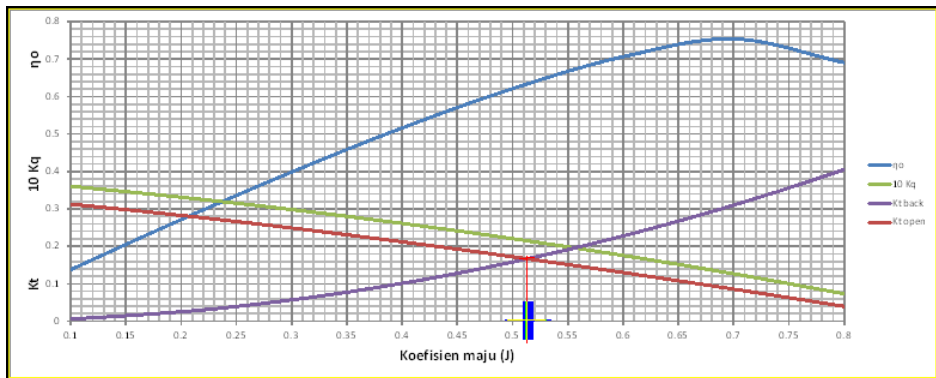
Hasil interseksi:

$$J = 0.508911$$

$$Kq = 0.020926$$

$$\eta_o = 0.63461$$

248) Interseksi antara kurva K_{tHull} vs J dengan kurva K_{tProp} vs J pada $V_s = 17$ knot dan rasio $P/D = 0.8$



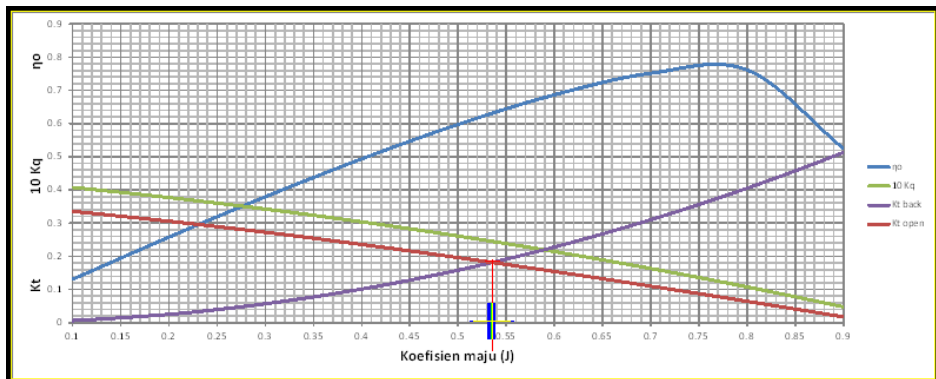
Hasil interseksi:

$$J = 0.5133065$$

$$Kq = 0.021487$$

$$\eta_o = 0.63419$$

249) Interseksi antara kurva $K_{t_{Hull}}$ vs J dengan kurva $K_{t_{Prop}}$ vs J pada
 $V_s = 17$ knot dan rasio $P/D = 0.85$



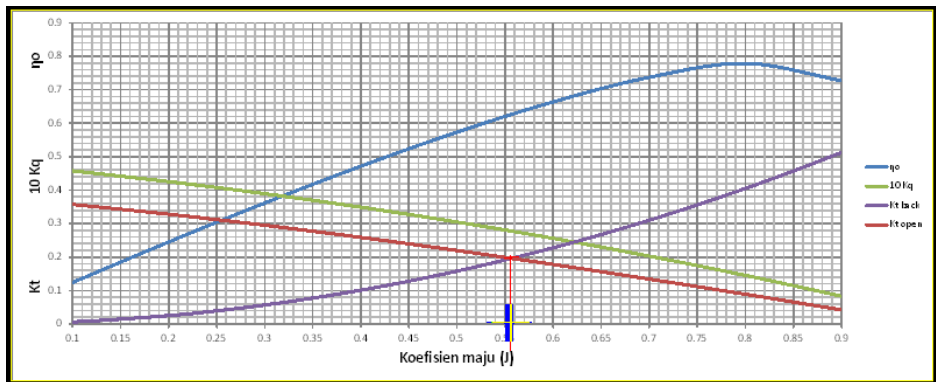
Hasil interseksi:

$J = 0.5354637$

$Kq = 0.024507$

$\eta_0 = 0.63111$

250) Interseksi antara kurva $K_{t_{Hull}}$ vs J dengan kurva $K_{t_{Prop}}$ vs J pada
 $V_s = 17$ knot dan rasio $P/D = 0.9$



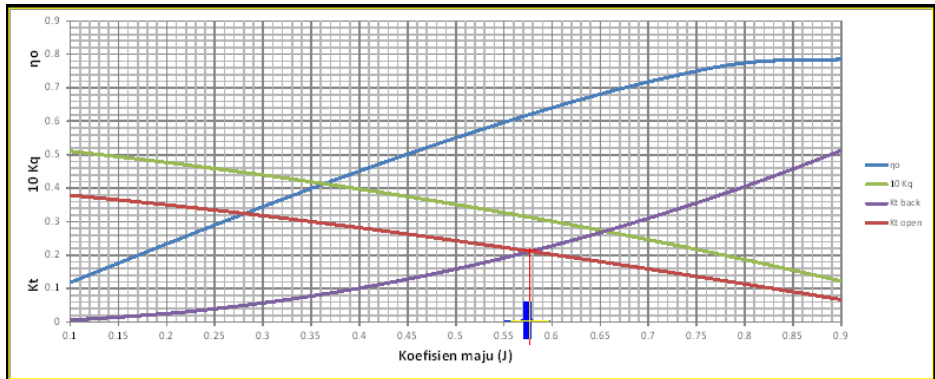
Hasil interseksi:

$J = 0.5568485$

$Kq = 0.027771$

$\eta_0 = 0.62664$

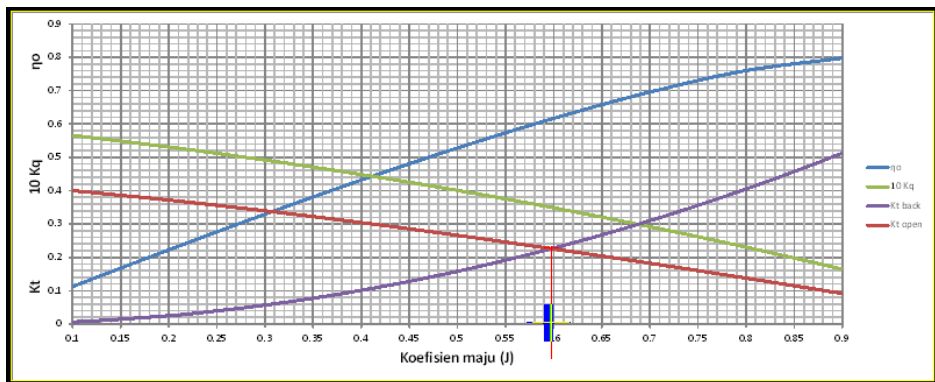
251) Interseksi antara kurva $K_{t_{Hull}}$ vs J dengan kurva $K_{t_{Prop}}$ vs J pada
 $V_s = 17$ knot dan rasio $P/D = 0.95$



Hasil interseksi:

$J = 0.5776947$
 $K_q = 0.031265$
 $\eta_o = 0.62132$

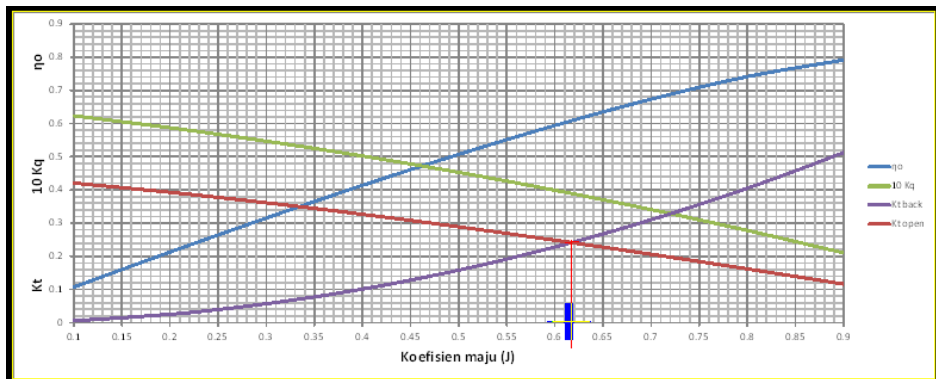
252) Interseksi antara kurva $K_{t_{Hull}}$ vs J dengan kurva $K_{t_{Prop}}$ vs J pada
 $V_s = 17$ knot dan rasio $P/D = 1$



Hasil interseksi:

$J = 0.597893$
 $K_q = 0.034990$
 $\eta_o = 0.61534$

253) Interseksi antara kurva K_{tHull} vs J dengan kurva K_{tProp} vs J pada
 $V_s = 17$ knot dan rasio $P/D = 1.05$



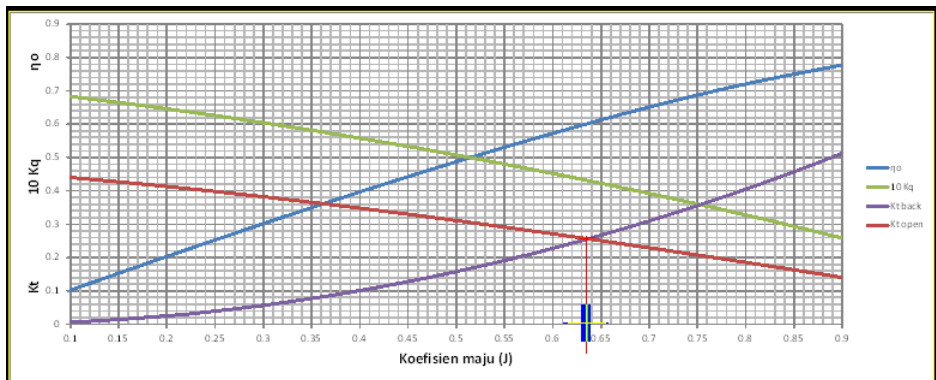
Hasil interseksi:

$$J = 0.6173125$$

$$K_q = 0.038947$$

$$\eta_o = 0.60880$$

254) Interseksi antara kurva K_{tHull} vs J dengan kurva K_{tProp} vs J pada
 $V_s = 17$ knot dan rasio $P/D = 1.1$



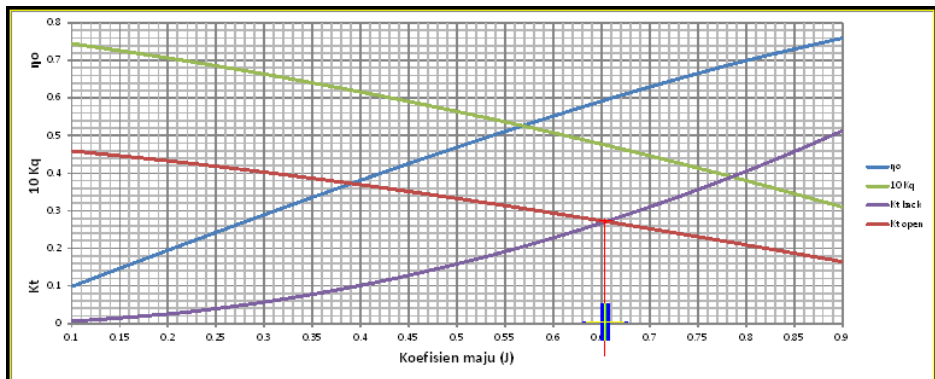
Hasil interseksi:

$$J = 0.6363811$$

$$K_q = 0.043104$$

$$\eta_o = 0.60224$$

255) Interseksi antara kurva K_{tHull} vs J dengan kurva K_{tProp} vs J pada
 $V_s = 17$ knot dan rasio $P/D = 1.15$



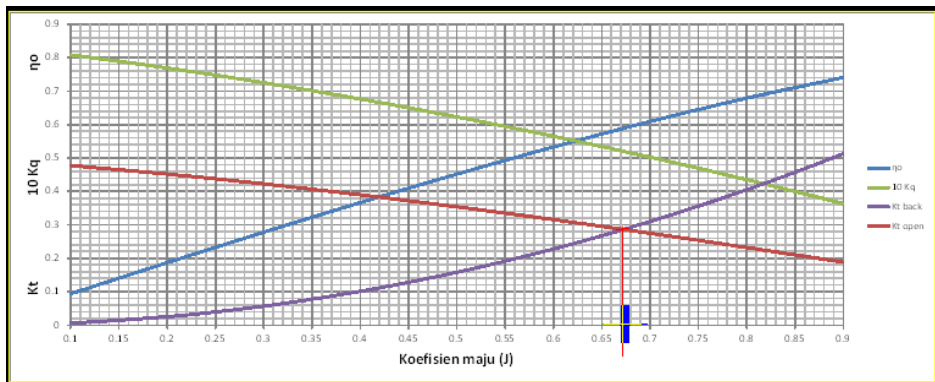
Hasil interseksi:

$$J = 0.6546861$$

$$Kq = 0.047472$$

$$\eta_0 = 0.59549$$

256) Interseksi antara kurva K_{tHull} vs J dengan kurva K_{tProp} vs J pada
 $V_s = 17$ knot dan rasio $P/D = 1.2$



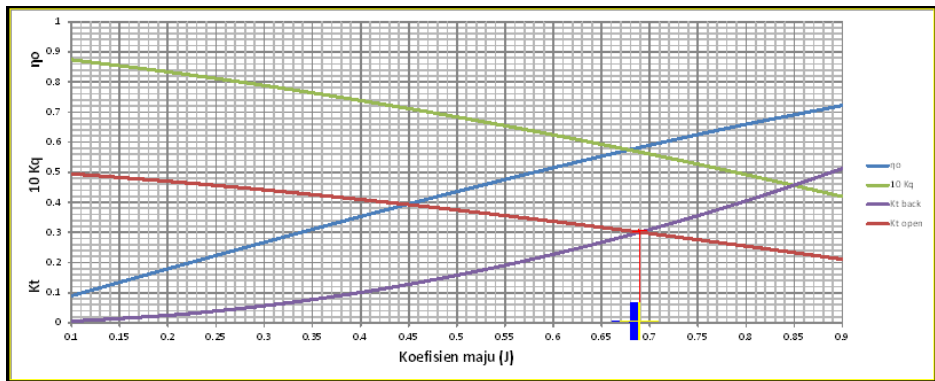
Hasil interseksi:

$$J = 0.6724114$$

$$Kq = 0.052028$$

$$\eta_0 = 0.58886$$

257) Interseksi antara kurva K_{tHull} vs J dengan kurva K_{tProp} vs J pada
 $V_s = 17$ knot dan rasio $P/D = 1.25$



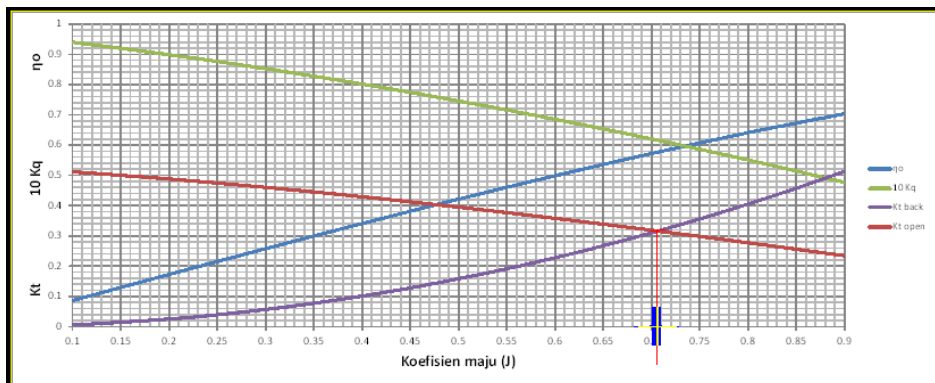
Hasil interseksi:

$J = 0.6897765$

$K_q = 0.056738$

$\eta_o = 0.58264$

258) Interseksi antara kurva K_{tHull} vs J dengan kurva K_{tProp} vs J pada
 $V_s = 17$ knot dan rasio $P/D = 1.3$



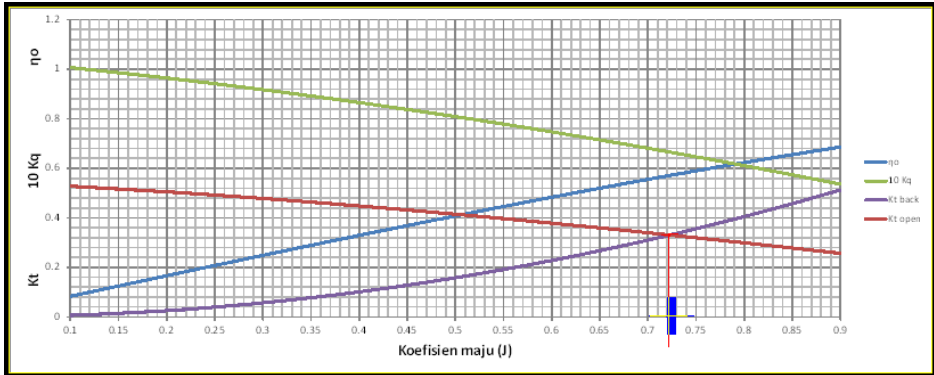
Hasil interseksi:

$J = 0.706511$

$K_q = 0.061599$

$\eta_o = 0.57678$

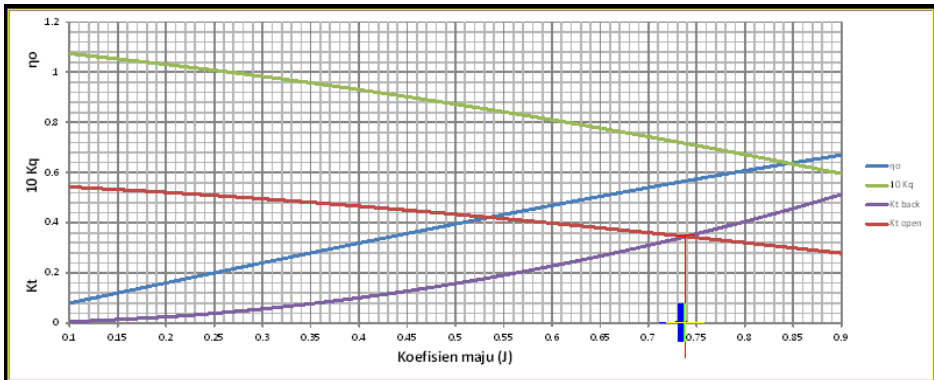
259) Interseksi antara kurva $K_{t_{Hull}}$ vs J dengan kurva $K_{t_{Prop}}$ vs J pada
 $V_s = 17$ knot dan rasio $P/D = 1.35$



Hasil interseksi:

$J = 0.7228627$
 $Kq = 0.066567$
 $\eta_0 = 0.57160$

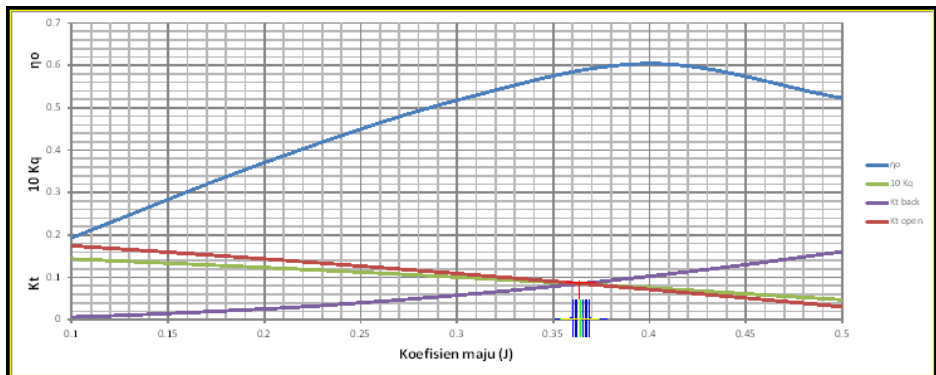
260) Interseksi antara kurva $K_{t_{Hull}}$ vs J dengan kurva $K_{t_{Prop}}$ vs J pada
 $V_s = 17$ knot dan rasio $P/D = 1.4$



Hasil interseksi:

$J = 0.7386688$
 $Kq = 0.071623$
 $\eta_0 = 0.56711$

261) Interseksi antara kurva K_{tHull} vs J dengan kurva K_{tProp} vs J pada
 $V_s = 18$ knot dan rasio $P/D = 0.5$



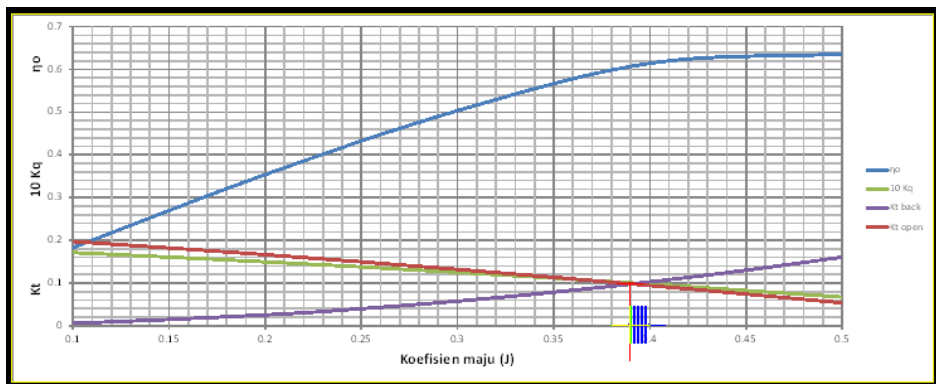
Hasil interseksi:

$J = 0.3642585$

$K_q = 0.008475$

$\eta_o = 0.58393$

262) Interseksi antara kurva K_{tHull} vs J dengan kurva K_{tProp} vs J pada
 $V_s = 18$ knot dan rasio $P/D = 0.55$



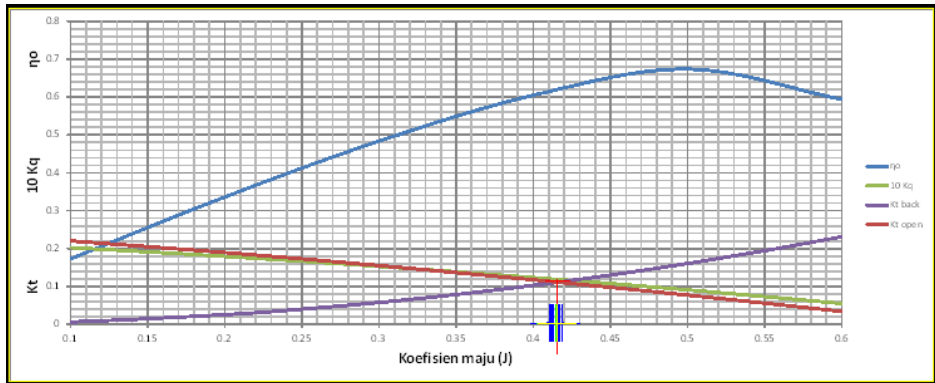
Hasil interseksi:

$J = 0.3904619$

$K_q = 0.010053$

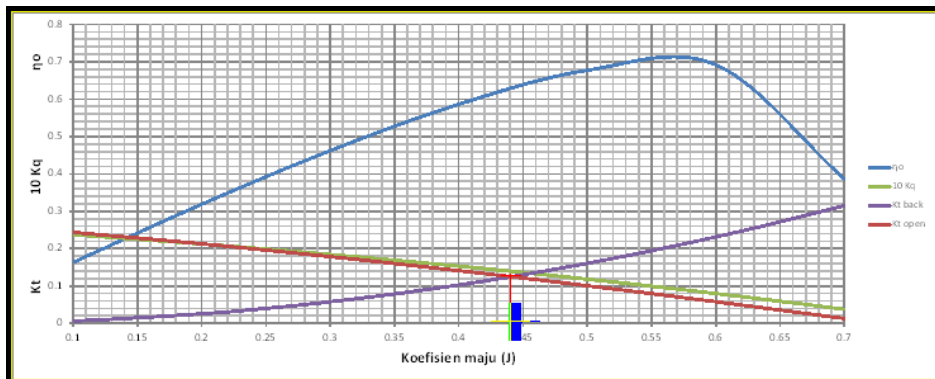
$\eta_o = 0.60625$

263) Interseksi antara kurva $K_{t_{Hull}}$ vs J dengan kurva $K_{t_{Prop}}$ vs J pada
 $V_s = 18$ knot dan rasio $P/D = 0.6$



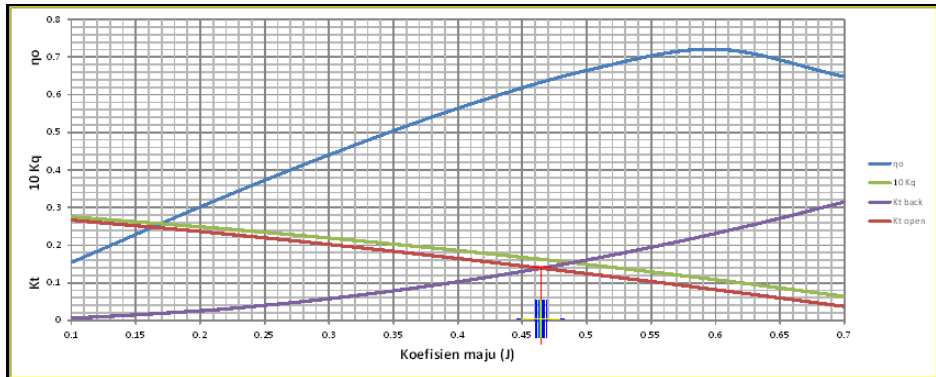
Hasil interseksi:
 $J = 0.4159133$
 $Kq = 0.011874$
 $\eta_0 = 0.62045$

264) Interseksi antara kurva $K_{t_{Hull}}$ vs J dengan kurva $K_{t_{Prop}}$ vs J pada
 $V_s = 18$ knot dan rasio $P/D = 0.65$



Hasil interseksi:
 $J = 0.4407325$
 $Kq = 0.013935$
 $\eta_0 = 0.62881$

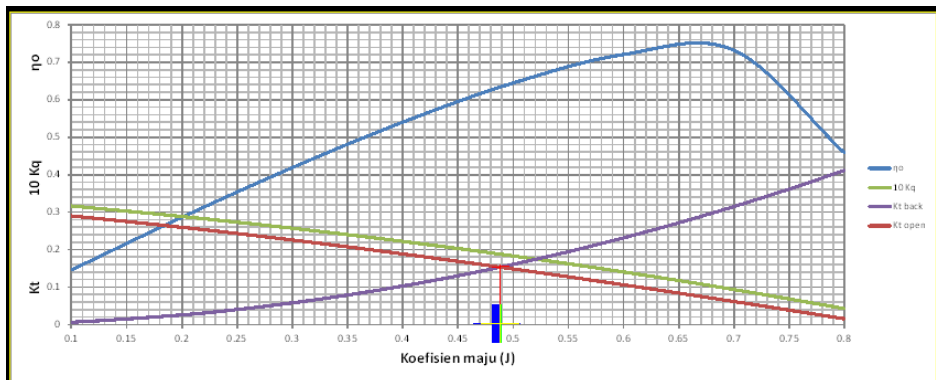
265) Interseksi antara kurva K_{tHull} vs J dengan kurva K_{tProp} vs J pada
 $V_s = 18$ knot dan rasio $P/D = 0.7$



Hasil interseksi:

$J = 0.4648924$
 $Kq = 0.016238$
 $\eta_0 = 0.63290$

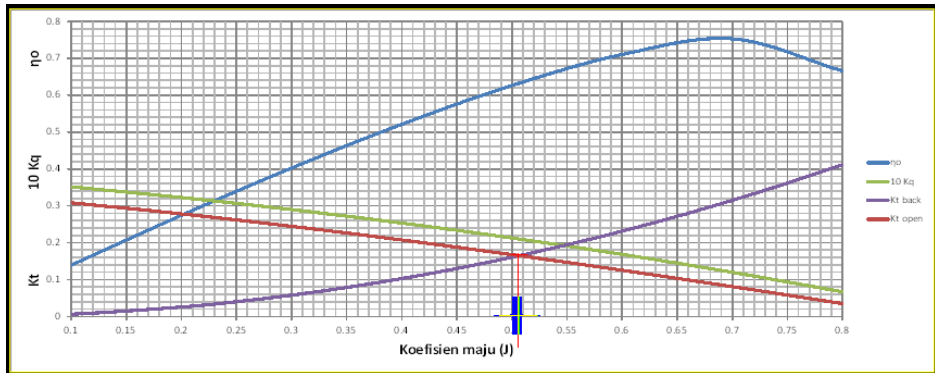
266) Interseksi antara kurva K_{tHull} vs J dengan kurva K_{tProp} vs J pada
 $V_s = 18$ knot dan rasio $P/D = 0.75$



Hasil interseksi:

$J = 0.4882299$
 $Kq = 0.018789$
 $\eta_0 = 0.63372$

267) Interseksi antara kurva K_{tHull} vs J dengan kurva K_{tProp} vs J pada $V_s = 18$ knot dan rasio $P/D = 0.79$



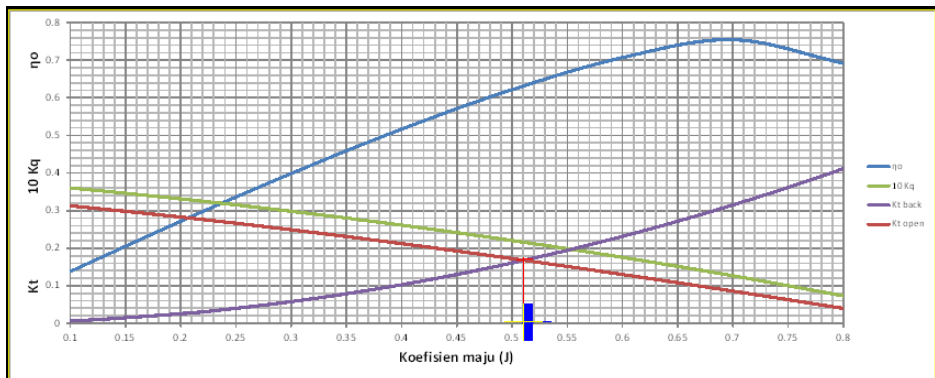
Hasil interseksi:

$J = 0.5065225$

$K_q = 0.021019$

$\eta_o = 0.63266$

268) Interseksi antara kurva K_{tHull} vs J dengan kurva K_{tProp} vs J pada $V_s = 18$ knot dan rasio $P/D = 0.8$



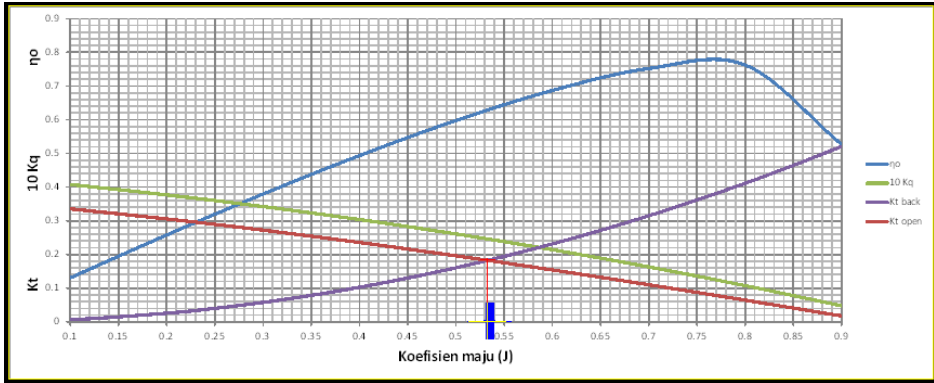
Hasil interseksi:

$J = 0.5108958$

$K_q = 0.021582$

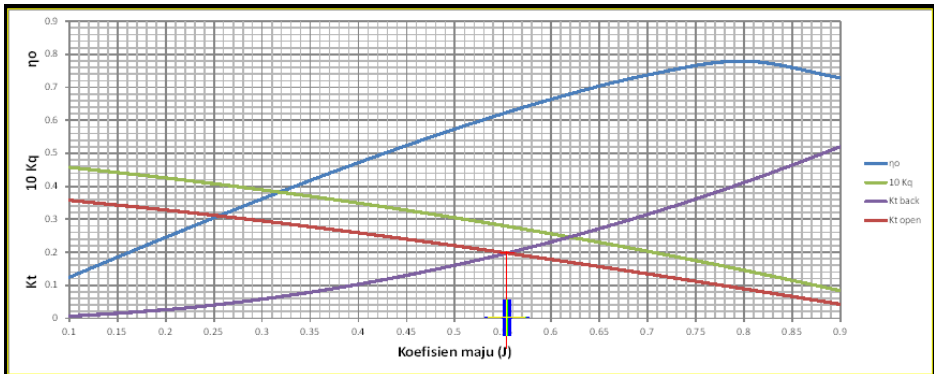
$\eta_o = 0.63222$

269) Interseksi antara kurva K_{tHull} vs J dengan kurva K_{tProp} vs J pada
 $V_s = 18$ knot dan rasio $P/D = 0.85$



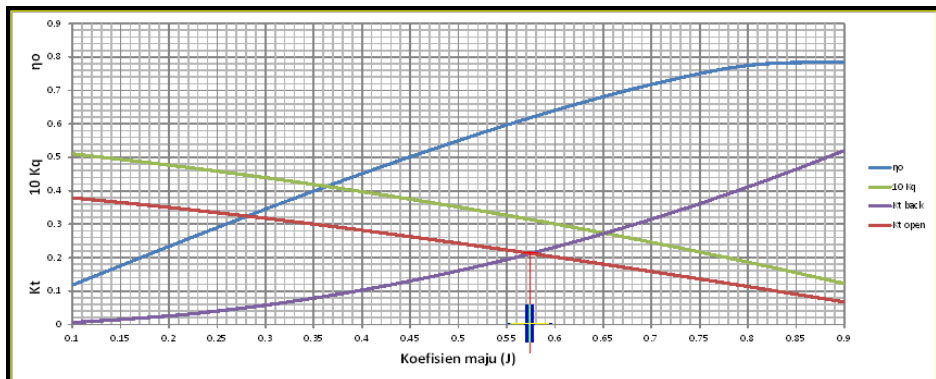
Hasil interseksi:
 $J = 0.5328508$
 $Kq = 0.024619$
 $\eta_0 = 0.62896$

270) Interseksi antara kurva K_{tHull} vs J dengan kurva K_{tProp} vs J pada
 $V_s = 18$ knot dan rasio $P/D = 0.9$



Hasil interseksi:
 $J = 0.5541912$
 $Kq = 0.027892$
 $\eta_0 = 0.62448$

271) Interseksi antara kurva K_{tHull} vs J dengan kurva K_{tProp} vs J pada
 $V_s = 18$ knot dan rasio $P/D = 0.95$



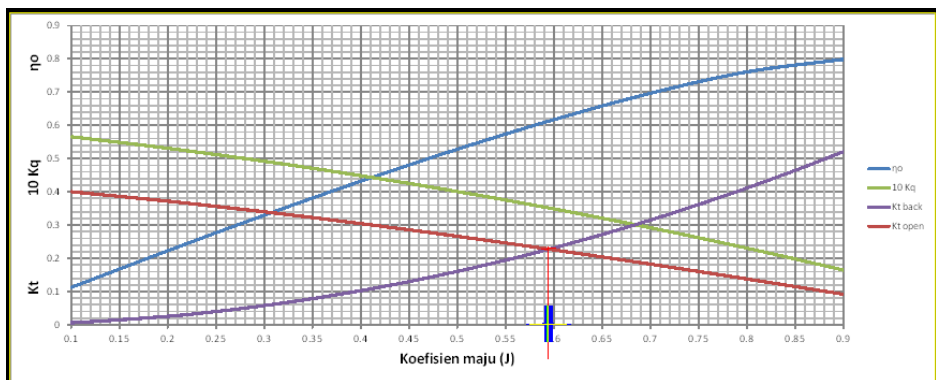
Hasil interseksi:

$J = 0.5749104$

$K_q = 0.031401$

$\eta_o = 0.61909$

272) Interseksi antara kurva K_{tHull} vs J dengan kurva K_{tProp} vs J pada
 $V_s = 18$ knot dan rasio $P/D = 1$



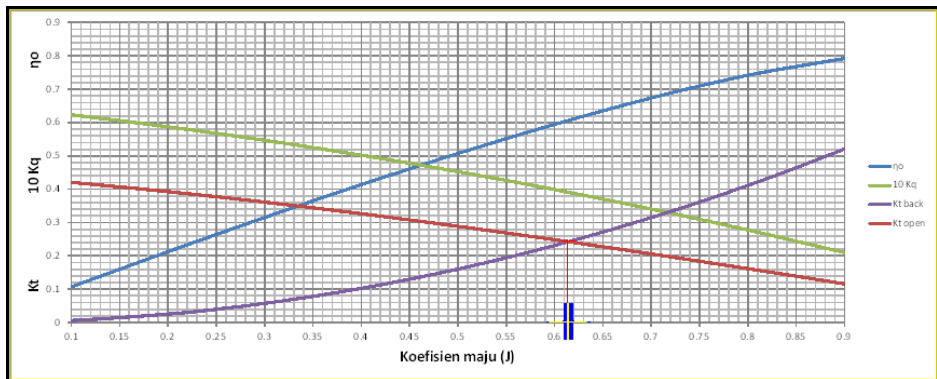
Hasil interseksi:

$J = 0.594951$

$K_q = 0.035142$

$\eta_o = 0.61302$

273) Interseksi antara kurva $K_{t_{Hull}}$ vs J dengan kurva $K_{t_{Prop}}$ vs J pada
 $V_s = 18$ knot dan rasio $P/D = 1.05$



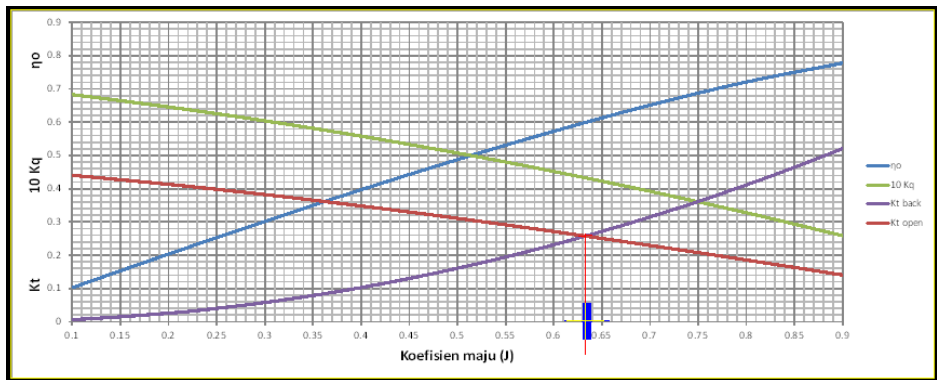
Hasil interseksi:

$$J = 0.6143095$$

$$K_q = 0.039110$$

$$\eta_o = 0.60648$$

274) Interseksi antara kurva $K_{t_{Hull}}$ vs J dengan kurva $K_{t_{Prop}}$ vs J pada
 $V_s = 18$ knot dan rasio $P/D = 1.1$



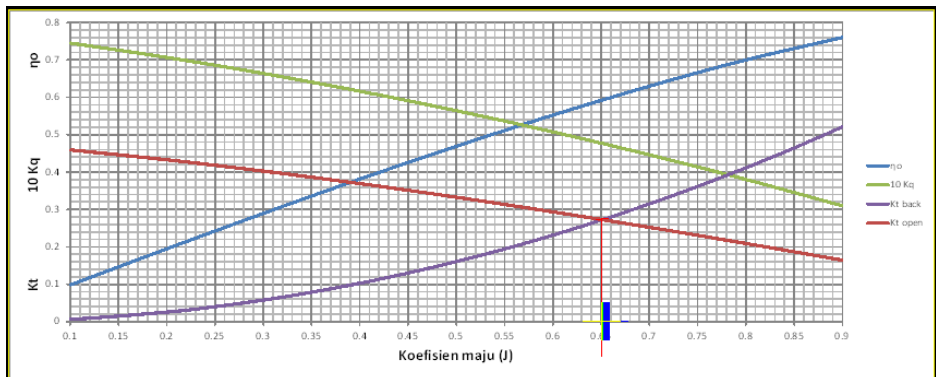
Hasil interseksi:

$$J = 0.6331685$$

$$K_q = 0.043287$$

$$\eta_o = 0.59981$$

275) Interseksi antara kurva $K_{t_{Hull}}$ vs J dengan kurva $K_{t_{Prop}}$ vs J pada
 $V_s = 18$ knot dan rasio $P/D = 1.15$



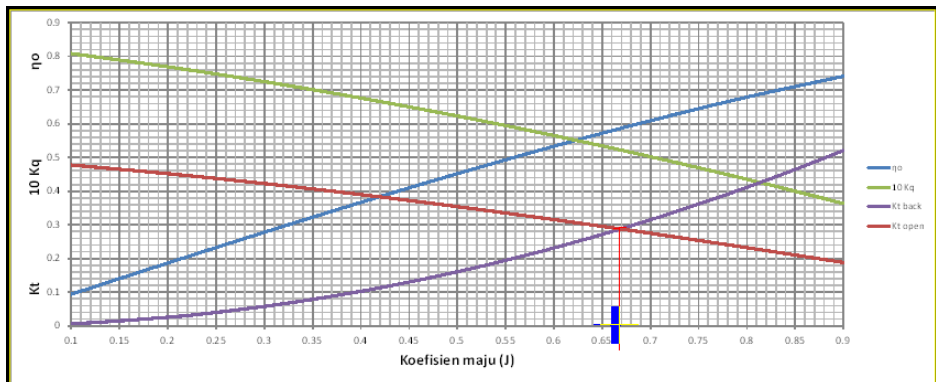
Hasil interseksi:

$J = 0.6513126$

$K_q = 0.047673$

$\eta_0 = 0.59300$

276) Interseksi antara kurva $K_{t_{Hull}}$ vs J dengan kurva $K_{t_{Prop}}$ vs J pada
 $V_s = 18$ knot dan rasio $P/D = 1.2$



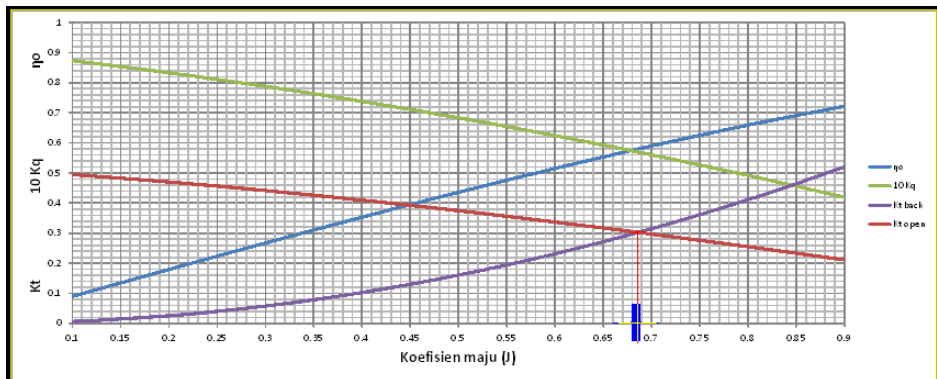
Hasil interseksi:

$J = 0.668965$

$K_q = 0.052241$

$\eta_0 = 0.58637$

277) Interseksi antara kurva K_{tHull} vs J dengan kurva K_{tProp} vs J pada
 $V_s = 18$ knot dan rasio $P/D = 1.25$



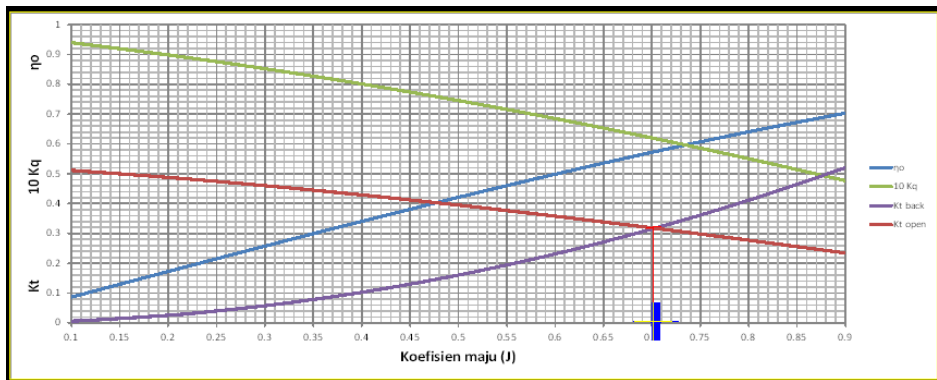
Hasil interseksi:

$$J = 0.68612$$

$$Kq = 0.056972$$

$$\eta_0 = 0.58007$$

278) Interseksi antara kurva K_{tHull} vs J dengan kurva K_{tProp} vs J pada
 $V_s = 18$ knot dan rasio $P/D = 1.3$



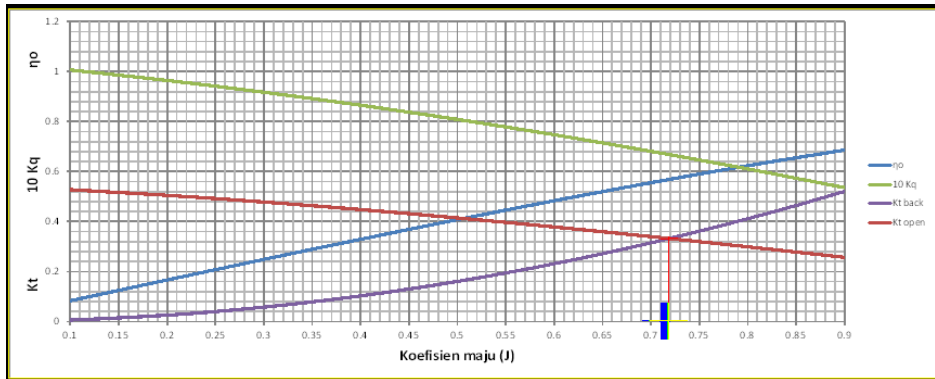
Hasil interseksi:

$$J = 0.7027859$$

$$Kq = 0.061845$$

$$\eta_0 = 0.57422$$

279) Interseksi antara kurva K_{tHull} vs J dengan kurva K_{tProp} vs J pada
 $V_s = 18$ knot dan rasio $P/D = 1.35$



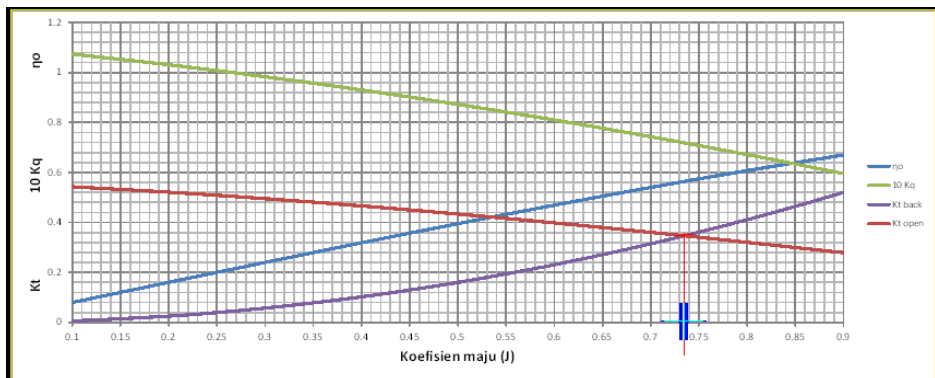
Hasil interseksi:

$J = 0.718995$

$K_q = 0.066830$

$\eta_0 = 0.56899$

280) Interseksi antara kurva K_{tHull} vs J dengan kurva K_{tProp} vs J pada
 $V_s = 18$ knot dan rasio $P/D = 1.4$



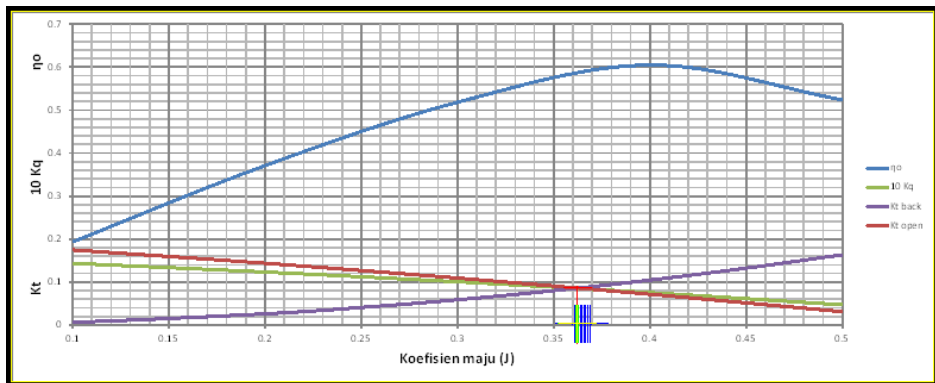
Hasil interseksi:

$J = 0.7346826$

$K_q = 0.071900$

$\eta_0 = 0.56447$

281) Interseksi antara kurva $K_{t_{Hull}}$ vs J dengan kurva $K_{t_{Prop}}$ vs J pada
 $V_s = 19$ knot dan rasio $P/D = 0.5$



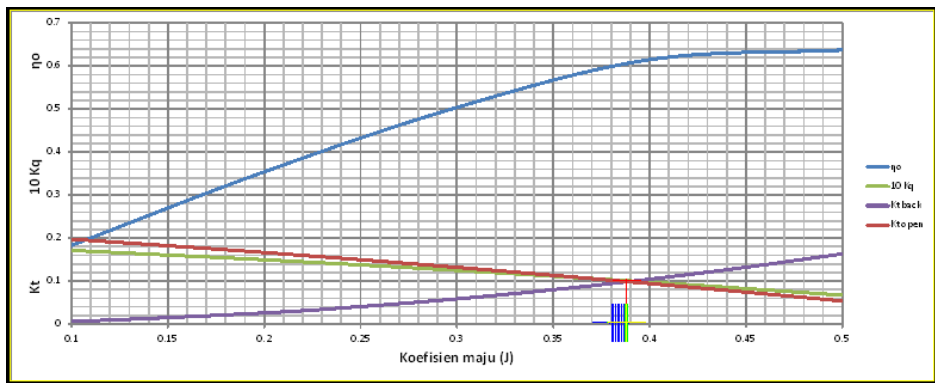
Hasil interseksi:

$$J = 0.3626537$$

$$Kq = 0.008508$$

$$\eta_0 = 0.58329$$

282) Interseksi antara kurva $K_{t_{Hull}}$ vs J dengan kurva $K_{t_{Prop}}$ vs J pada
 $V_s = 19$ knot dan rasio $P/D = 0.55$



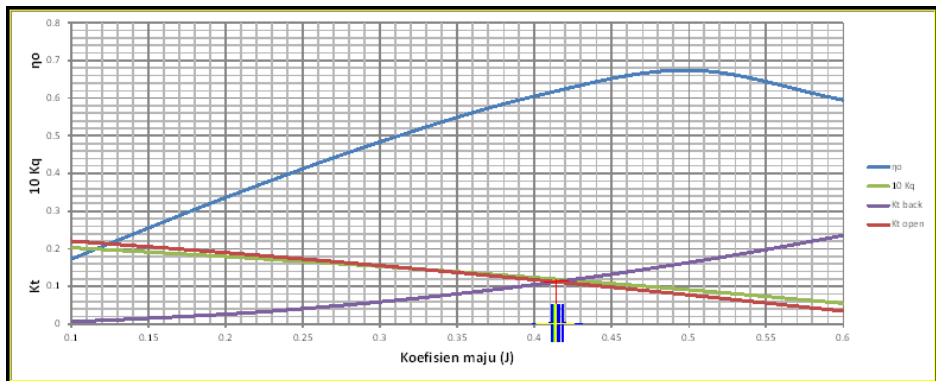
Hasil interseksi:

$$J = 0.3886965$$

$$Kq = 0.010095$$

$$\eta_0 = 0.60524$$

283) Interseksi antara kurva K_{tHull} vs J dengan kurva K_{tProp} vs J pada
 $V_s = 19$ knot dan rasio $P/D = 0.6$



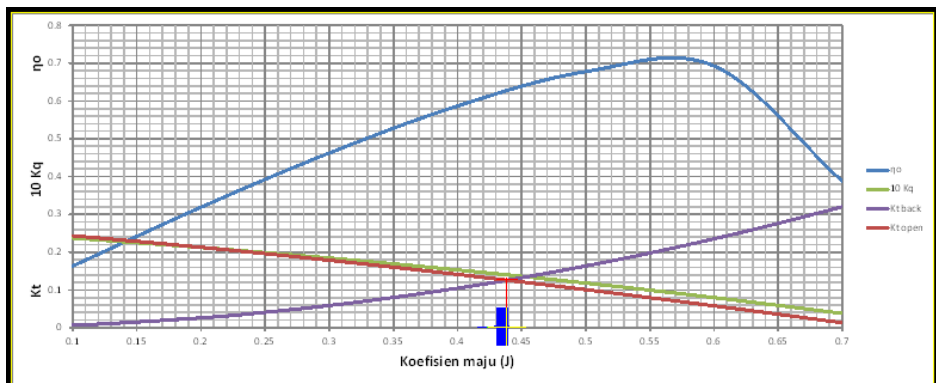
Hasil interseksi:

$J = 0.4139615$

$K_q = 0.011927$

$\eta_0 = 0.61910$

284) Interseksi antara kurva K_{tHull} vs J dengan kurva K_{tProp} vs J pada
 $V_s = 19$ knot dan rasio $P/D = 0.65$



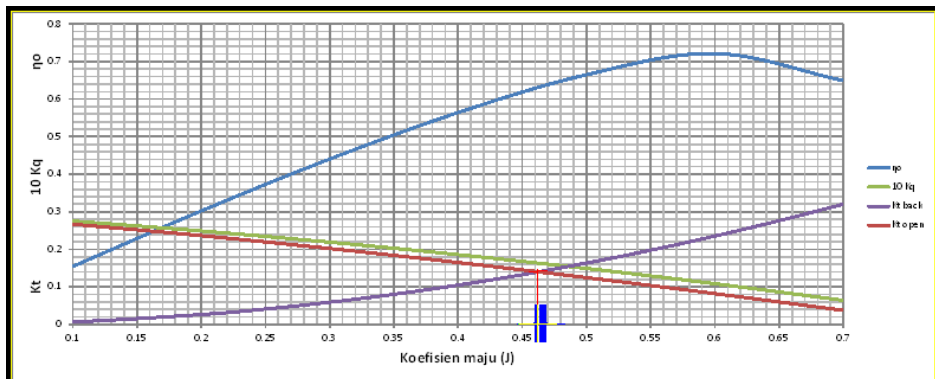
Hasil interseksi:

$J = 0.438621$

$K_q = 0.014000$

$\eta_0 = 0.62719$

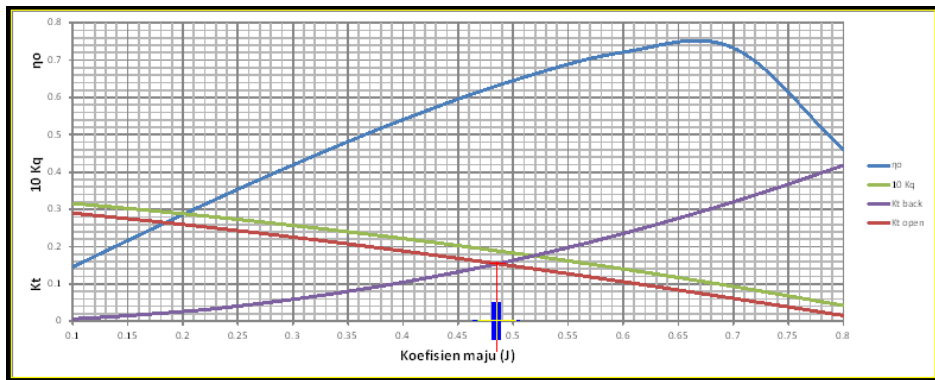
285) Interseksi antara kurva K_{tHull} vs J dengan kurva K_{tProp} vs J pada
 $V_s = 19$ knot dan rasio $P/D = 0.7$



Hasil interseksi:

$J = 0.462636$
 $K_q = 0.016314$
 $\eta_0 = 0.63108$

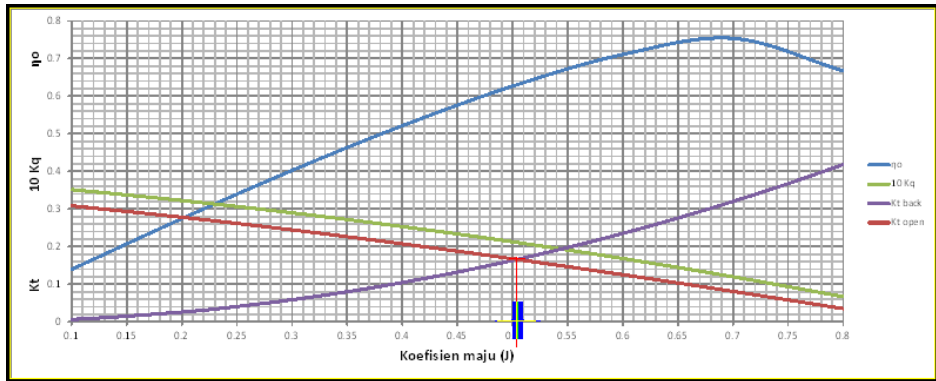
286) Interseksi antara kurva K_{tHull} vs J dengan kurva K_{tProp} vs J pada
 $V_s = 19$ knot dan rasio $P/D = 0.75$



Hasil interseksi:

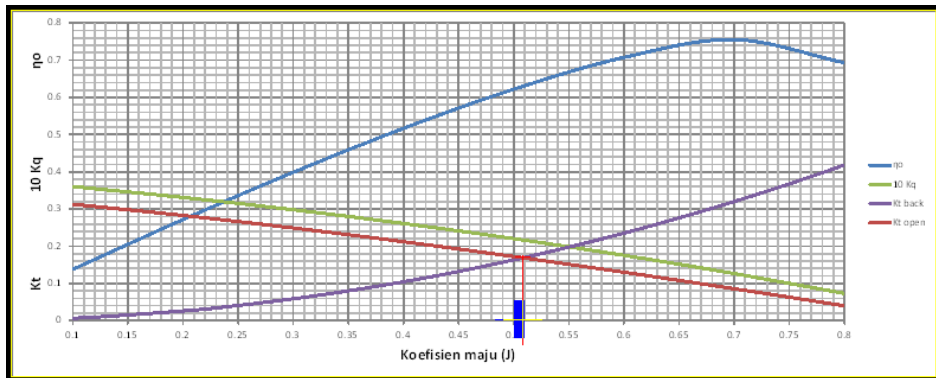
$J = 0.4858665$
 $K_q = 0.018876$
 $\eta_0 = 0.63176$

287) Interseksi antara kurva K_{tHull} vs J dengan kurva K_{tProp} vs J pada
 $V_s = 19$ knot dan rasio $P/D = 0.79$



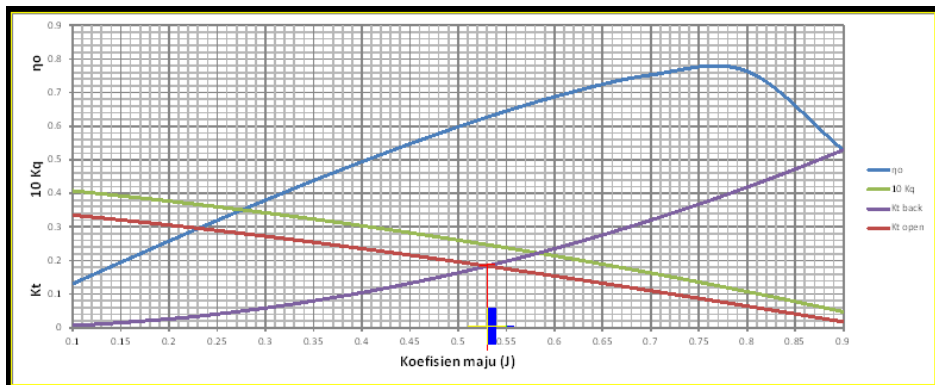
Hasil interseksi:
 $J = 0.5040578$
 $Kq = 0.021115$
 $\eta_0 = 0.63060$

288) Interseksi antara kurva K_{tHull} vs J dengan kurva K_{tProp} vs J pada
 $V_s = 19$ knot dan rasio $P/D = 0.8$



Hasil interseksi:
 $J = 0.5083875$
 $Kq = 0.021682$
 $\eta_0 = 0.63012$

289) Interseksi antara kurva $K_{t_{Hull}}$ vs J dengan kurva $K_{t_{Prop}}$ vs J pada
 $V_s = 19$ knot dan rasio $P/D = 0.85$



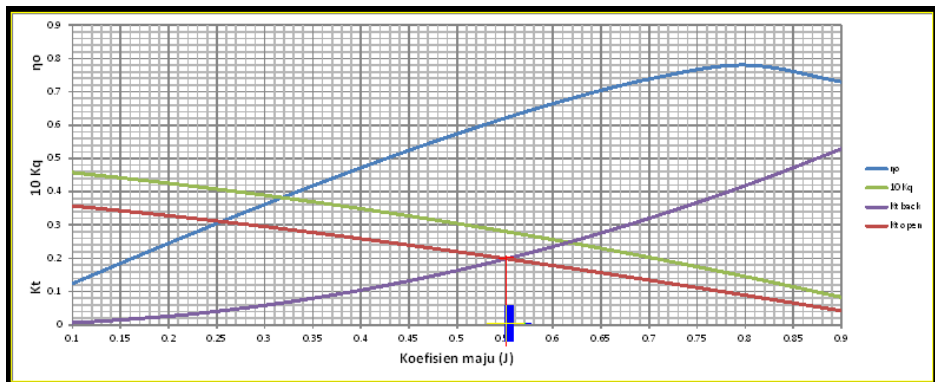
Hasil interseksi:

$$J = 0.530121$$

$$Kq = 0.024736$$

$$\eta_0 = 0.62667$$

290) Interseksi antara kurva $K_{t_{Hull}}$ vs J dengan kurva $K_{t_{Prop}}$ vs J pada
 $V_s = 19$ knot dan rasio $P/D = 0.9$



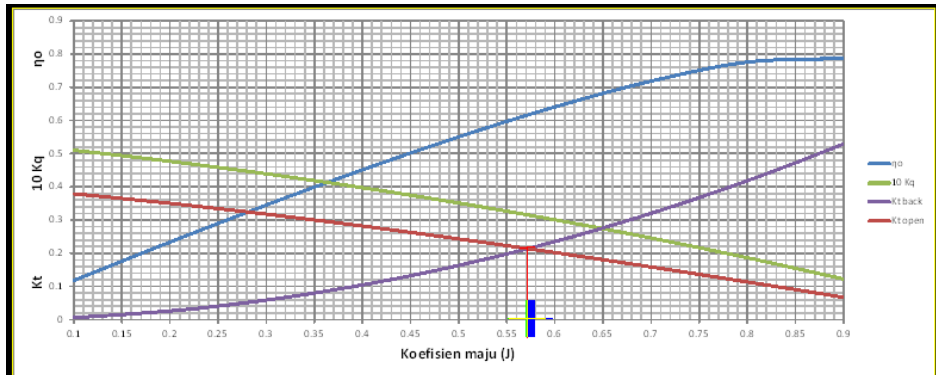
Hasil interseksi:

$$J = 0.5513619$$

$$Kq = 0.028023$$

$$\eta_0 = 0.62213$$

291) Interseksi antara kurva $K_{t_{Hull}}$ vs J dengan kurva $K_{t_{Prop}}$ vs J pada $V_s = 19$ knot dan rasio $P/D = 0.95$



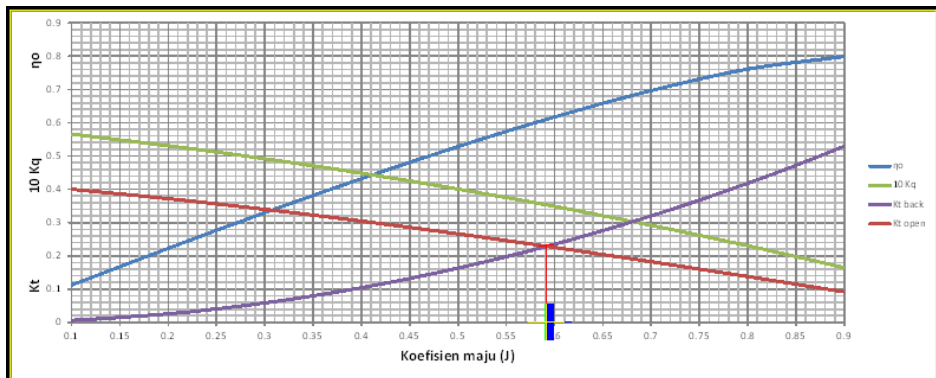
Hasil interseksi:

$J = 0.571916$

$K_q = 0.031547$

$\eta_0 = 0.61665$

292) Interseksi antara kurva $K_{t_{Hull}}$ vs J dengan kurva $K_{t_{Prop}}$ vs J pada $V_s = 19$ knot dan rasio $P/D = 1$



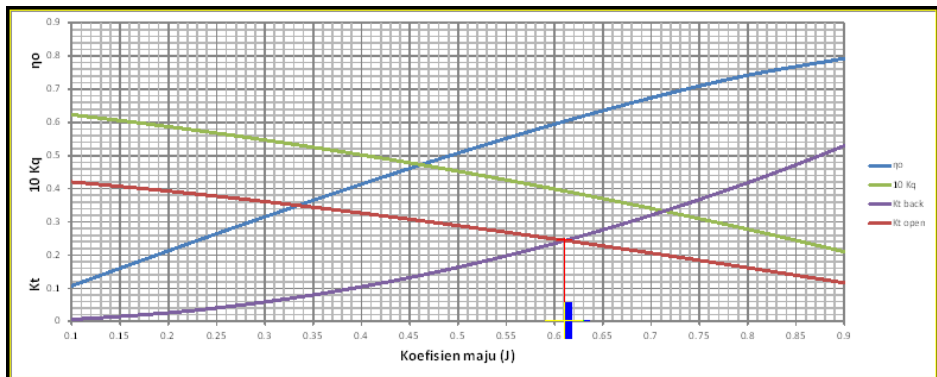
Hasil interseksi:

$J = 0.5917325$

$K_q = 0.035309$

$\eta_0 = 0.61044$

293) Interseksi antara kurva K_{tHull} vs J dengan kurva K_{tProp} vs J pada
 $V_s = 19$ knot dan rasio $P/D = 1.05$



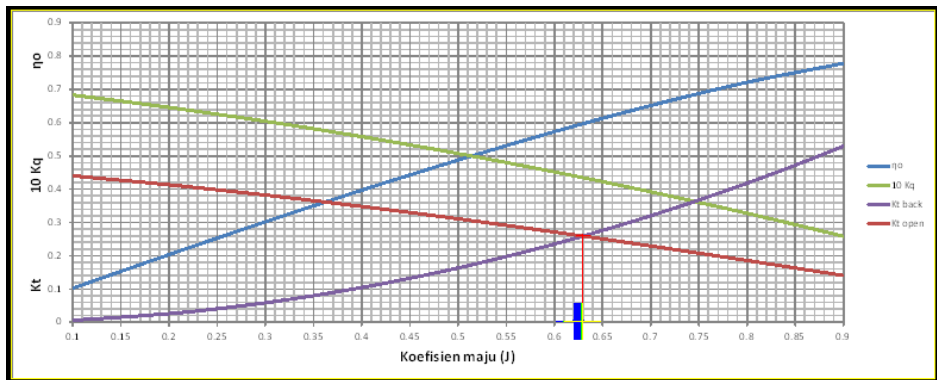
Hasil interseksi:

$$J = 0.6110162$$

$$Kq = 0.039290$$

$$\eta_0 = 0.60390$$

294) Interseksi antara kurva K_{tHull} vs J dengan kurva K_{tProp} vs J pada
 $V_s = 19$ knot dan rasio $P/D = 1.1$



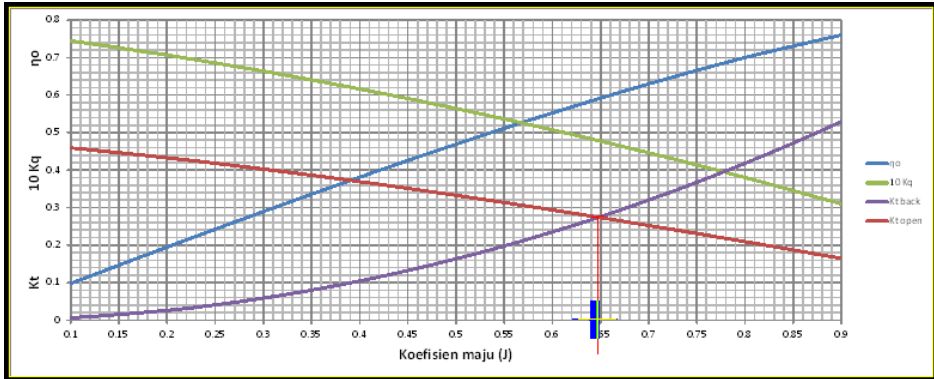
Hasil interseksi:

$$J = 0.6297201$$

$$Kq = 0.043484$$

$$\eta_0 = 0.59717$$

295) Interseksi antara kurva K_{tHull} vs J dengan kurva K_{tProp} vs J pada $V_s = 19$ knot dan rasio $P/D = 1.15$



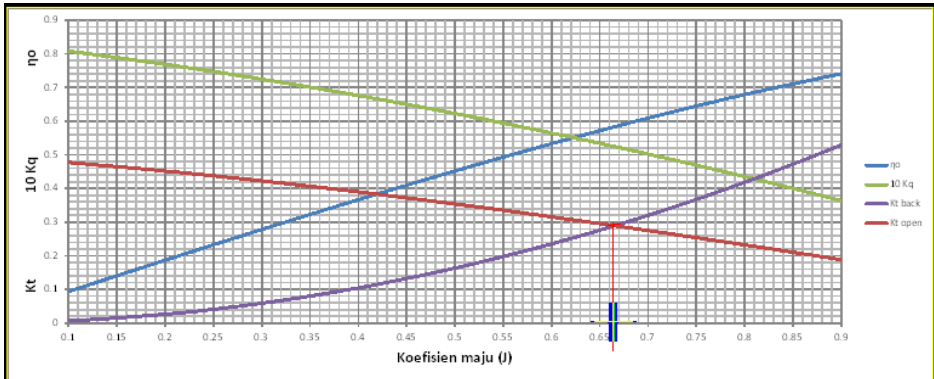
Hasil interseksi:

$J = 0.6478047$

$K_q = 0.047882$

$\eta_0 = 0.59038$

296) Interseksi antara kurva K_{tHull} vs J dengan kurva K_{tProp} vs J pada $V_s = 19$ knot dan rasio $P/D = 1.2$



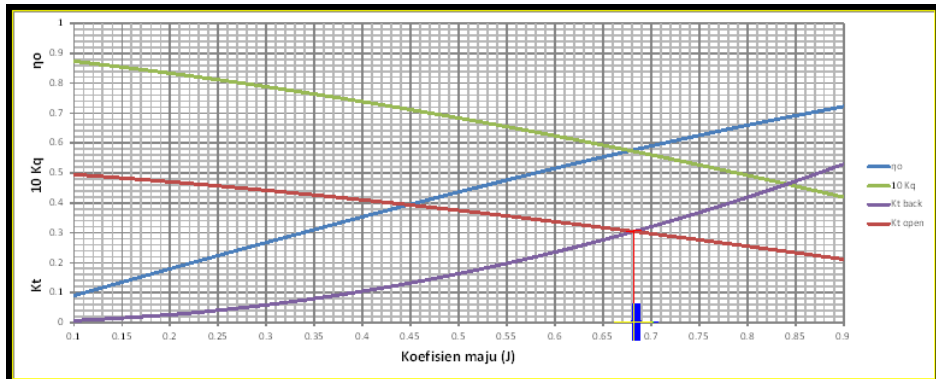
Hasil interseksi:

$J = 0.665294$

$K_q = 0.052468$

$\eta_0 = 0.58370$

297) Interseksi antara kurva K_{tHull} vs J dengan kurva K_{tProp} vs J pada
 $V_s = 19$ knot dan rasio $P/D = 1.25$



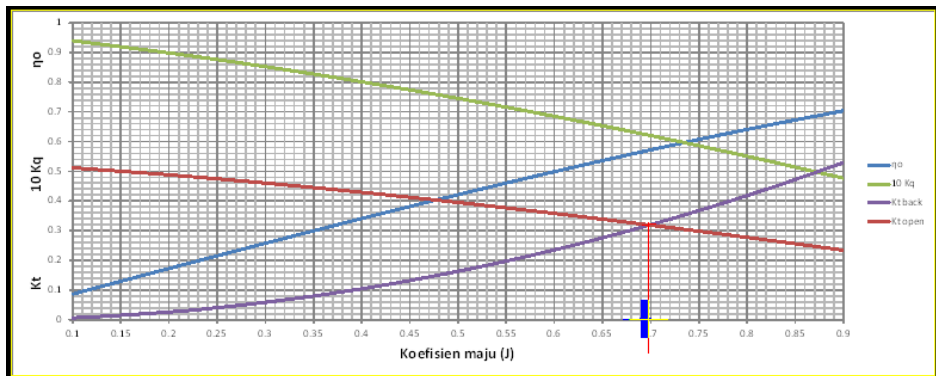
Hasil interseksi:

$J = 0.6822675$

$K_q = 0.057219$

$\eta_0 = 0.57733$

298) Interseksi antara kurva K_{tHull} vs J dengan kurva K_{tProp} vs J pada
 $V_s = 19$ knot dan rasio $P/D = 1.3$



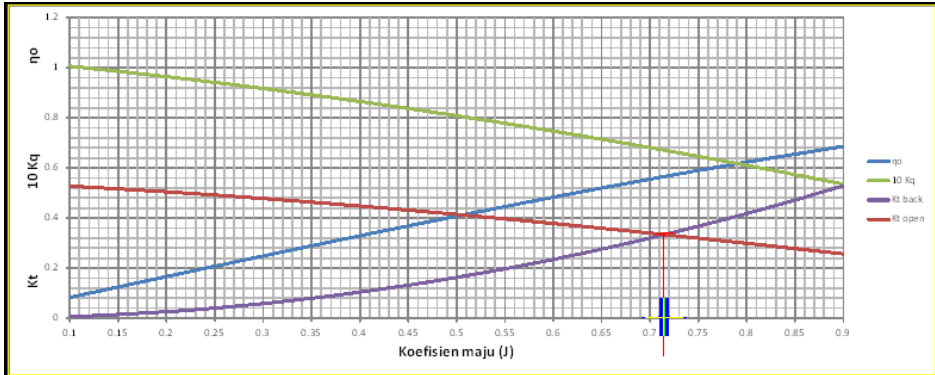
Hasil interseksi:

$J = 0.698889$

$K_q = 0.062102$

$\eta_0 = 0.57151$

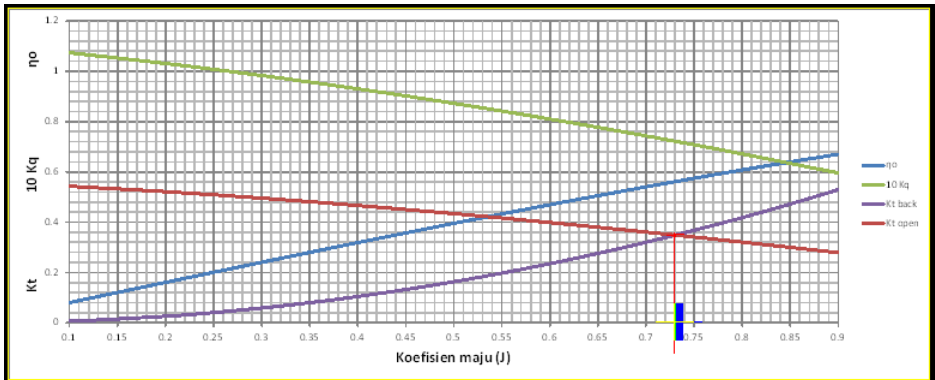
299) Interseksi antara kurva $K_{t_{Hull}}$ vs J dengan kurva $K_{t_{Prop}}$ vs J pada
 $V_s = 19$ knot dan rasio $P/D = 1.35$



Hasil interseksi:

$J = 0.714799$
 $K_q = 0.067114$
 $\eta_0 = 0.56613$

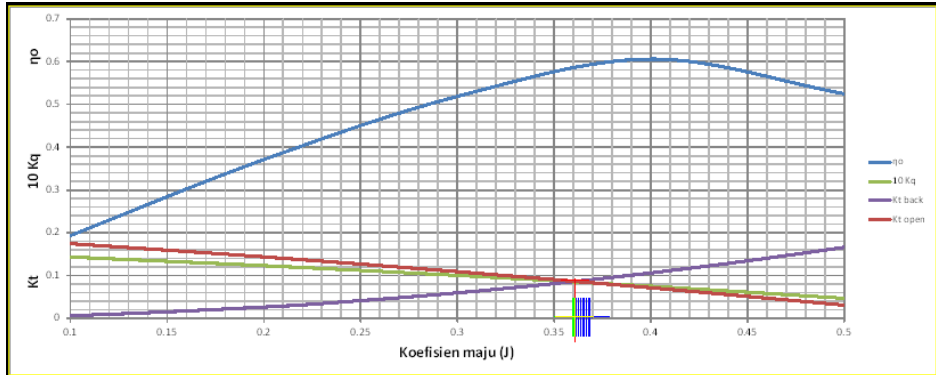
300) Interseksi antara kurva $K_{t_{Hull}}$ vs J dengan kurva $K_{t_{Prop}}$ vs J pada
 $V_s = 19$ knot dan rasio $P/D = 1.4$



Hasil interseksi:

$J = 0.7304595$
 $K_q = 0.072194$
 $\eta_0 = 0.56165$

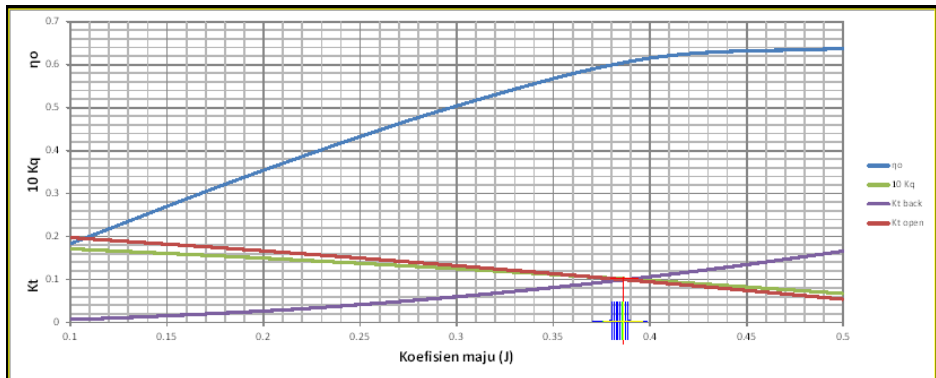
301) Interseksi antara kurva K_{tHull} vs J dengan kurva K_{tProp} vs J pada
 $V_s = 20$ knot dan rasio $P/D = 0.5$



Hasil interseksi:

$J = 0.36095$
 $Kq = 0.008544$
 $\eta_o = 0.58249$

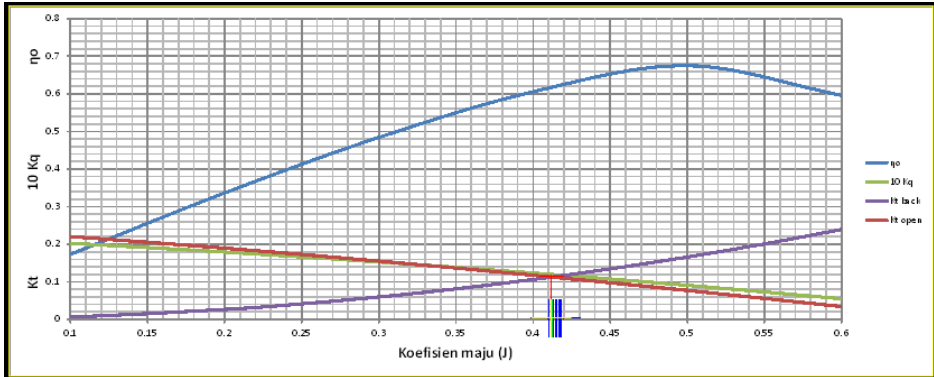
302) Interseksi antara kurva K_{tHull} vs J dengan kurva K_{tProp} vs J pada
 $V_s = 20$ knot dan rasio $P/D = 0.55$



Hasil interseksi:

$J = 0.386866$
 $Kq = 0.010139$
 $\eta_o = 0.60411$

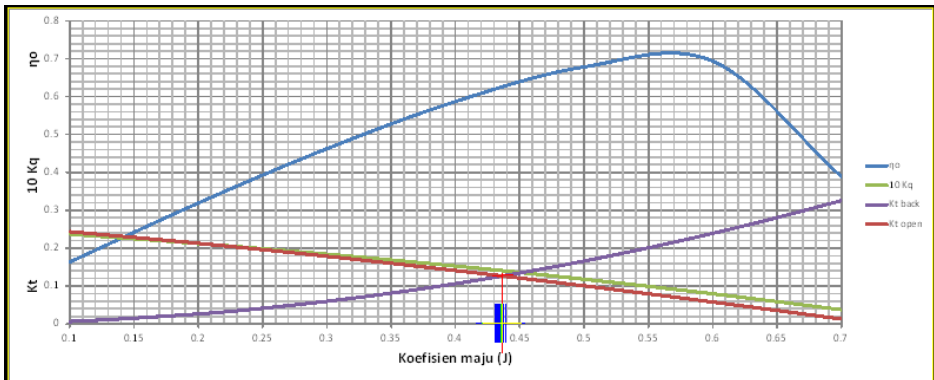
303) Interseksi antara kurva K_{tHull} vs J dengan kurva K_{tProp} vs J pada
 $V_s = 20$ knot dan rasio $P/D = 0.6$



Hasil interseksi:

$J = 0.4120183$
 $K_q = 0.011980$
 $\eta_o = 0.61769$

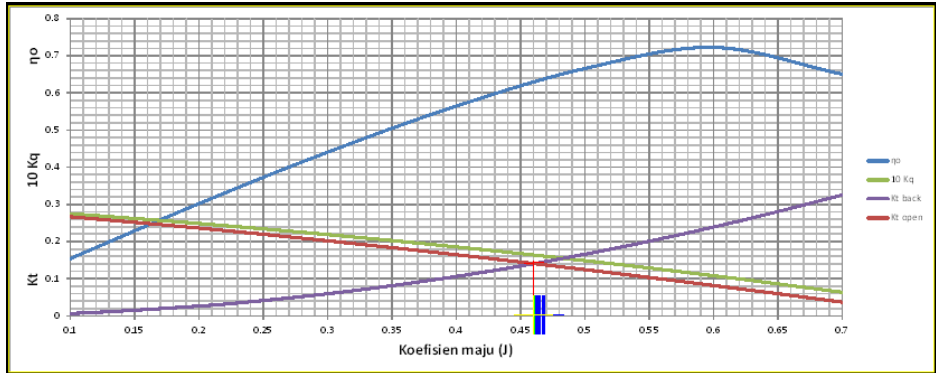
304) Interseksi antara kurva K_{tHull} vs J dengan kurva K_{tProp} vs J pada
 $V_s = 20$ knot dan rasio $P/D = 0.65$



Hasil interseksi:

$J = 0.4365375$
 $K_q = 0.014063$
 $\eta_o = 0.62555$

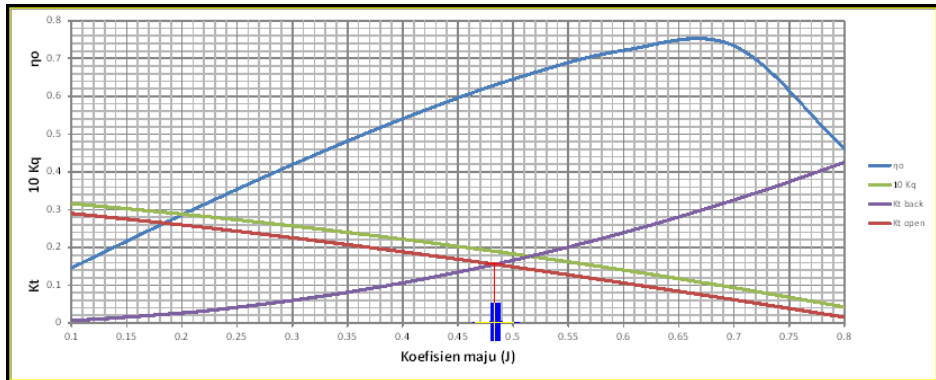
305) Interseksi antara kurva K_{tHull} vs J dengan kurva K_{tProp} vs J pada
 $V_s = 20$ knot dan rasio $P/D = 0.7$



Hasil interseksi:

$J = 0.4603064$
 $Kq = 0.016393$
 $\eta_0 = 0.62913$

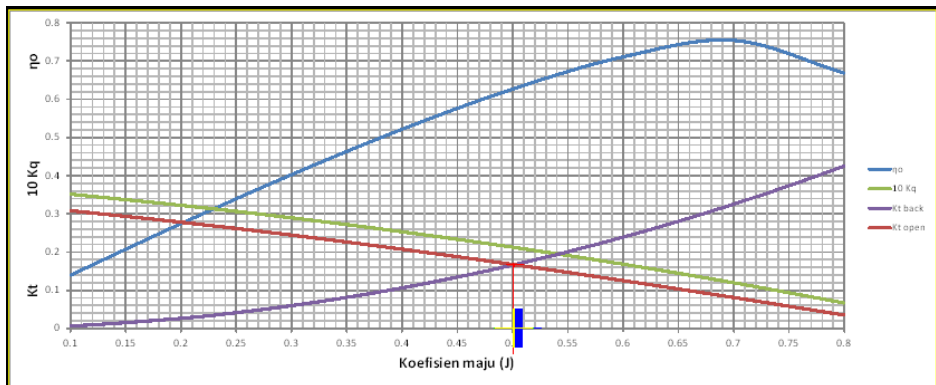
306) Interseksi antara kurva K_{tHull} vs J dengan kurva K_{tProp} vs J pada
 $V_s = 20$ knot dan rasio $P/D = 0.75$



Hasil interseksi:

$J = 0.4833978$
 $Kq = 0.018967$
 $\eta_0 = 0.62966$

307) Interseksi antara kurva K_{tHull} vs J dengan kurva K_{tProp} vs J pada
 $V_s = 20$ knot dan rasio $P/D = 0.79$



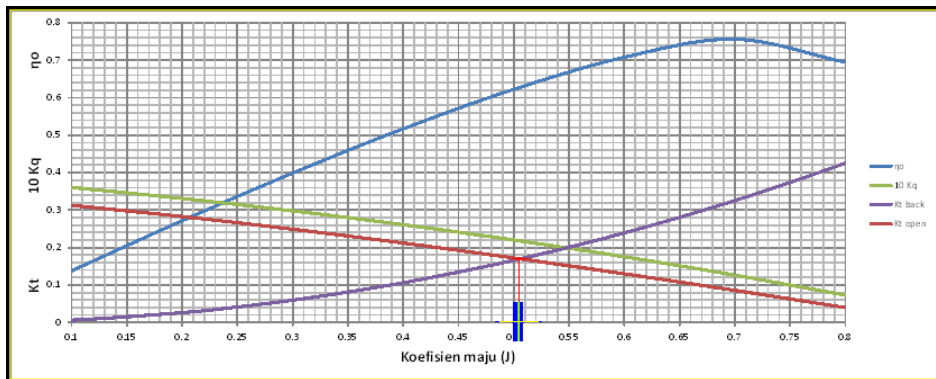
Hasil interseksi:

$$J = 0.501504$$

$$Kq = 0.021216$$

$$\eta_0 = 0.62841$$

308) Interseksi antara kurva K_{tHull} vs J dengan kurva K_{tProp} vs J pada
 $V_s = 20$ knot dan rasio $P/D = 0.8$



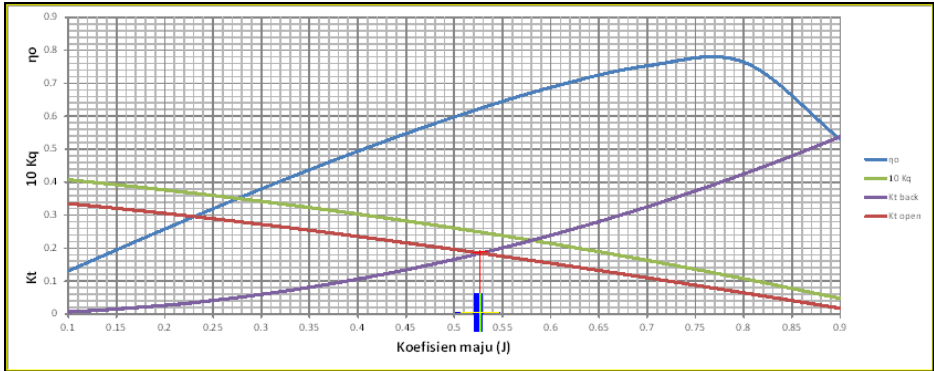
Hasil interseksi:

$$J = 0.505786$$

$$Kq = 0.021786$$

$$\eta_0 = 0.62789$$

309) Interseksi antara kurva K_{tHull} vs J dengan kurva K_{tProp} vs J pada $V_s = 20$ knot dan rasio $P/D = 0.85$



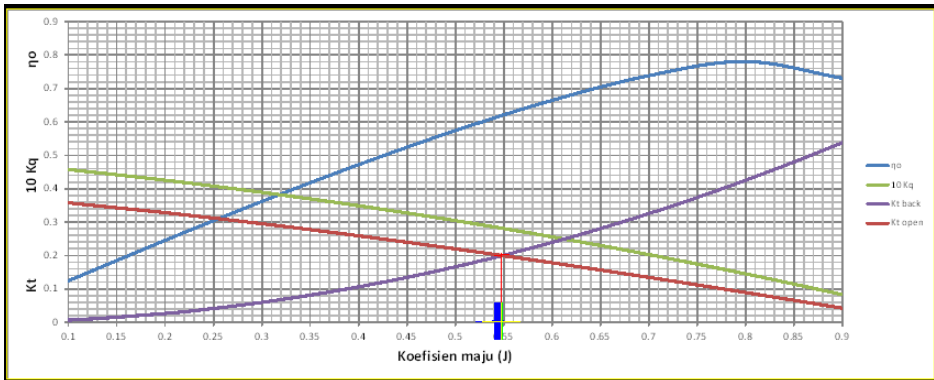
Hasil interseksi:

$J = 0.527392$

$K_q = 0.024854$

$\eta_o = 0.62435$

310) Interseksi antara kurva K_{tHull} vs J dengan kurva K_{tProp} vs J pada $V_s = 20$ knot dan rasio $P/D = 0.9$



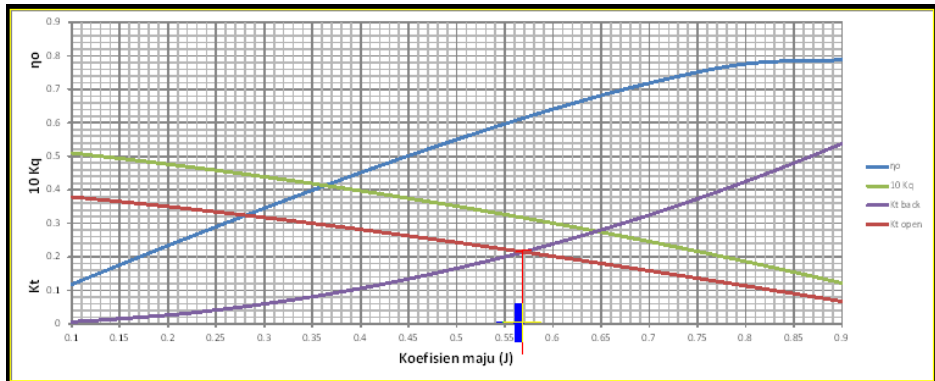
Hasil interseksi:

$J = 0.5484974$

$K_q = 0.028155$

$\eta_o = 0.61973$

311) Interseksi antara kurva K_{tHull} vs J dengan kurva K_{tProp} vs J pada
 $V_s = 20$ knot dan rasio $P/D = 0.95$



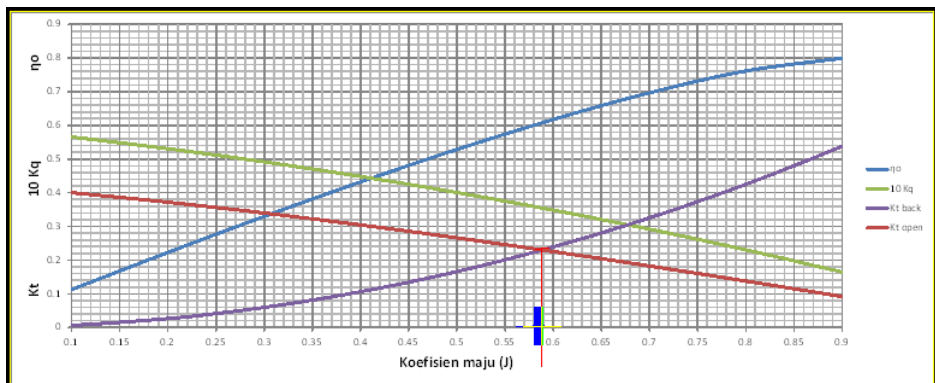
Hasil interseksi:

$J = 0.5688735$

$K_q = 0.031697$

$\eta_o = 0.61413$

312) Interseksi antara kurva K_{tHull} vs J dengan kurva K_{tProp} vs J pada
 $V_s = 20$ knot dan rasio $P/D = 1$



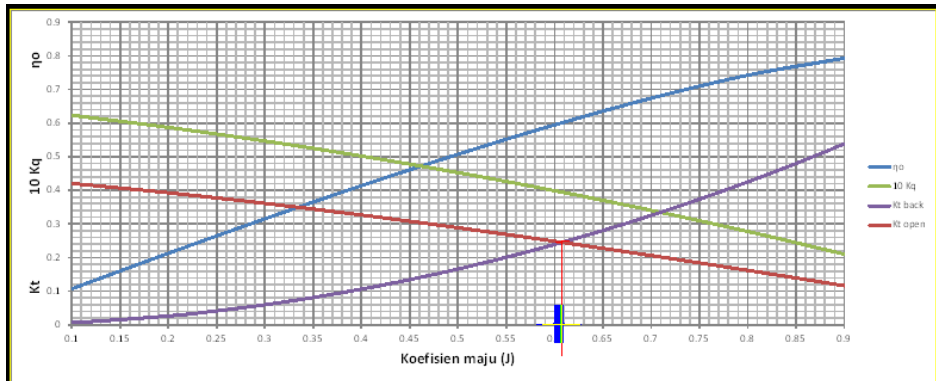
Hasil interseksi:

$J = 0.5885585$

$K_q = 0.035474$

$\eta_o = 0.60787$

313) Interseksi antara kurva K_{tHull} vs J dengan kurva K_{tProp} vs J pada
 $V_s = 20$ knot dan rasio $P/D = 1.05$



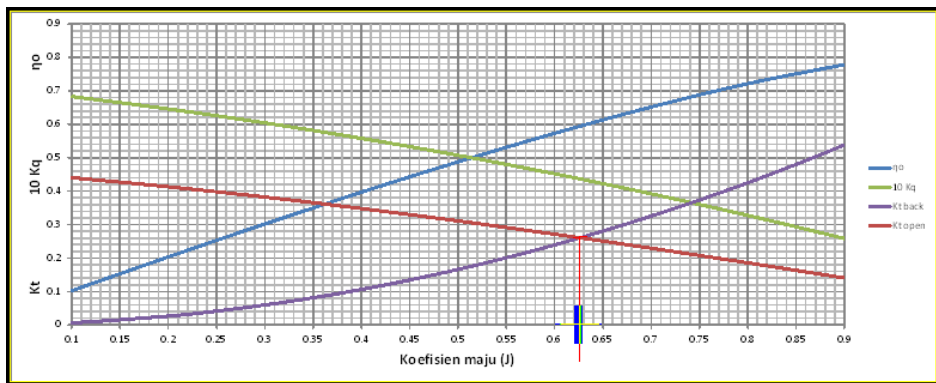
Hasil interseksi:

$J = 0.6077665$

$K_q = 0.039467$

$\eta_0 = 0.60134$

314) Interseksi antara kurva K_{tHull} vs J dengan kurva K_{tProp} vs J pada
 $V_s = 20$ knot dan rasio $P/D = 1.1$



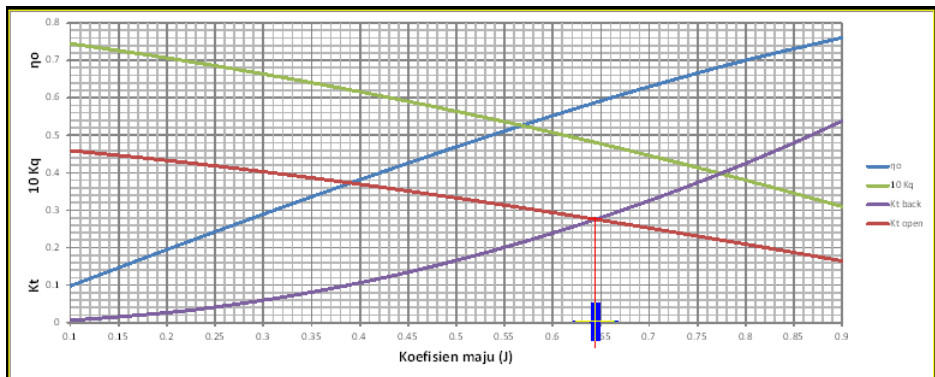
Hasil interseksi:

$J = 0.626325$

$K_q = 0.043678$

$\eta_0 = 0.59456$

315) Interseksi antara kurva K_{tHull} vs J dengan kurva K_{tProp} vs J pada
 $V_s = 20$ knot dan rasio $P/D = 1.15$



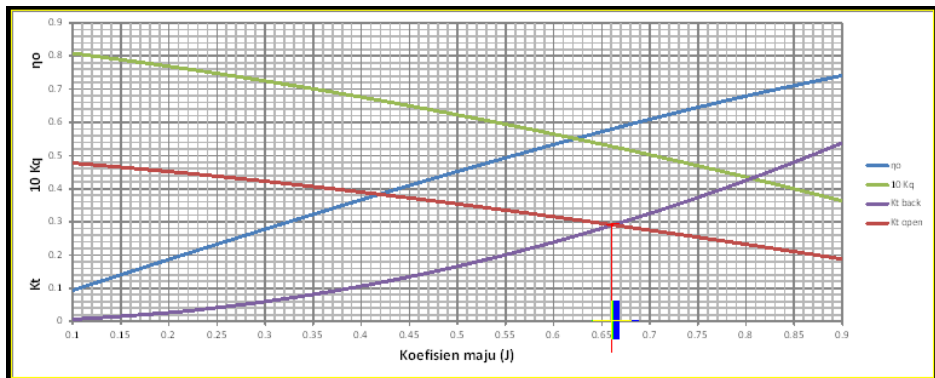
Hasil interseksi:

$$J = 0.6441941$$

$$Kq = 0.048097$$

$$\eta_0 = 0.58767$$

316) Interseksi antara kurva K_{tHull} vs J dengan kurva K_{tProp} vs J pada
 $V_s = 20$ knot dan rasio $P/D = 1.2$



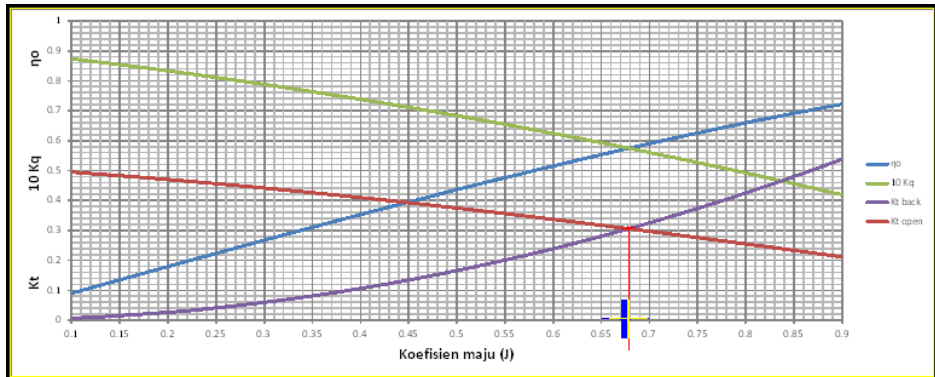
Hasil interseksi:

$$J = 0.661616$$

$$Kq = 0.052695$$

$$\eta_0 = 0.58101$$

317) Interseksi antara kurva K_{tHull} vs J dengan kurva K_{tProp} vs J pada $V_s = 20$ knot dan rasio $P/D = 1.25$



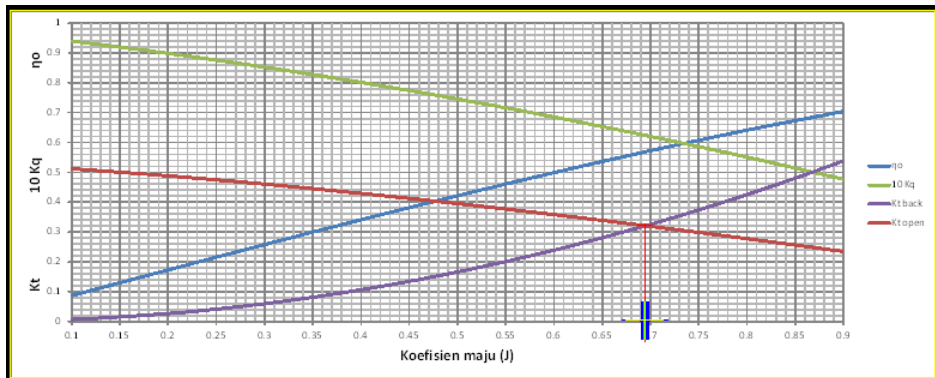
Hasil interseksi:

$$J = 0.678378$$

$$Kq = 0.057468$$

$$\eta_o = 0.57455$$

318) Interseksi antara kurva K_{tHull} vs J dengan kurva K_{tProp} vs J pada $V_s = 20$ knot dan rasio $P/D = 1.3$



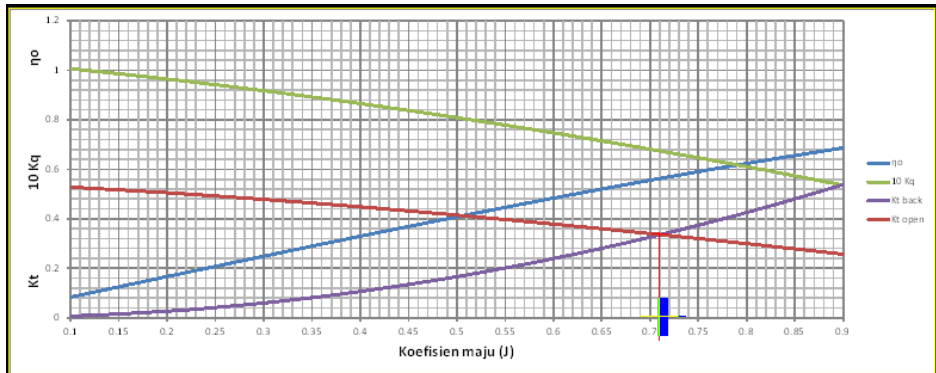
Hasil interseksi:

$$J = 0.6948935$$

$$Kq = 0.062365$$

$$\eta_o = 0.56873$$

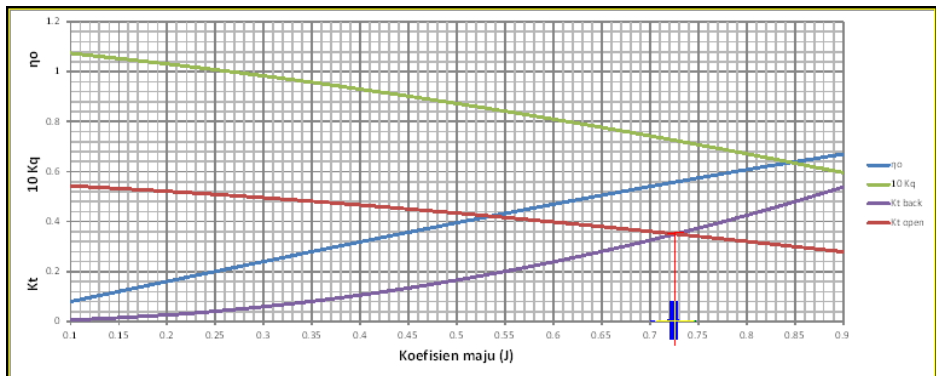
319) Interseksi antara kurva $K_{t_{Hull}}$ vs J dengan kurva $K_{t_{Prop}}$ vs J pada
 $V_s = 20$ knot dan rasio $P/D = 1.35$



Hasil interseksi:

$J = 0.7107287$
 $K_q = 0.067390$
 $\eta_0 = 0.56336$

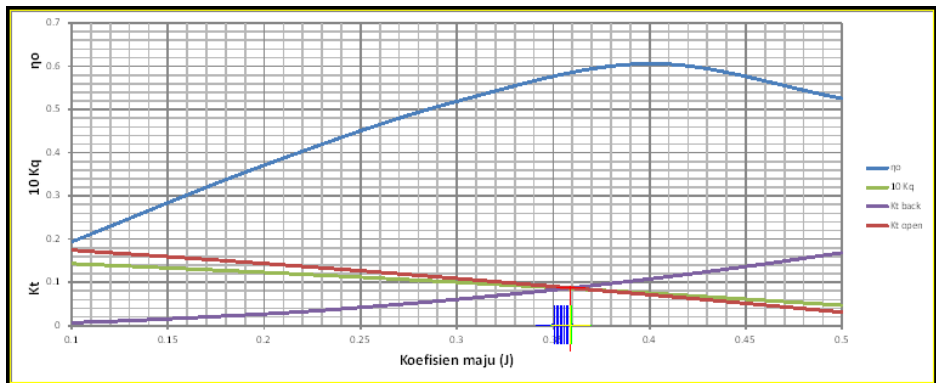
320) Interseksi antara kurva $K_{t_{Hull}}$ vs J dengan kurva $K_{t_{Prop}}$ vs J pada
 $V_s = 20$ knot dan rasio $P/D = 1.4$



Hasil interseksi:

$J = 0.7263061$
 $K_q = 0.072483$
 $\eta_0 = 0.55887$

321) Interseksi antara kurva $K_{t_{Hull}}$ vs J dengan kurva $K_{t_{Prop}}$ vs J pada
 $V_s = 21$ knot dan rasio $P/D = 0.5$



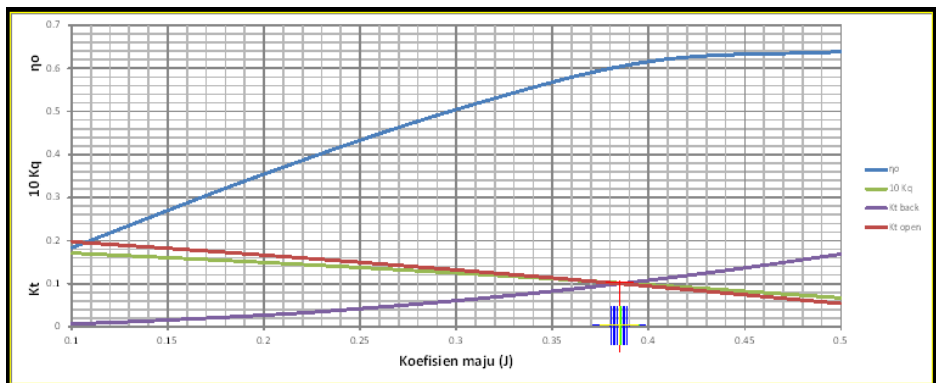
Hasil interseksi:

$J = 0.359305$

$K_q = 0.008579$

$\eta_0 = 0.58168$

322) Interseksi antara kurva $K_{t_{Hull}}$ vs J dengan kurva $K_{t_{Prop}}$ vs J pada
 $V_s = 21$ knot dan rasio $P/D = 0.55$



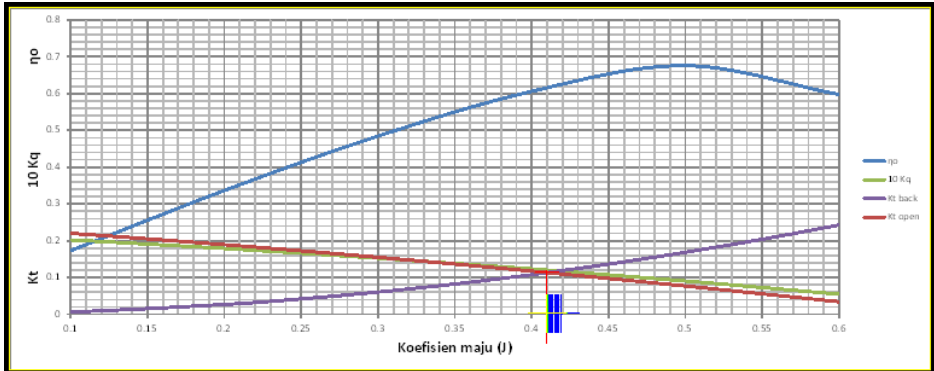
Hasil interseksi:

$J = 0.3850435$

$K_q = 0.010184$

$\eta_0 = 0.60292$

323) Interseksi antara kurva K_{tHull} vs J dengan kurva K_{tProp} vs J pada
 $V_s = 21$ knot dan rasio $P/D = 0.6$



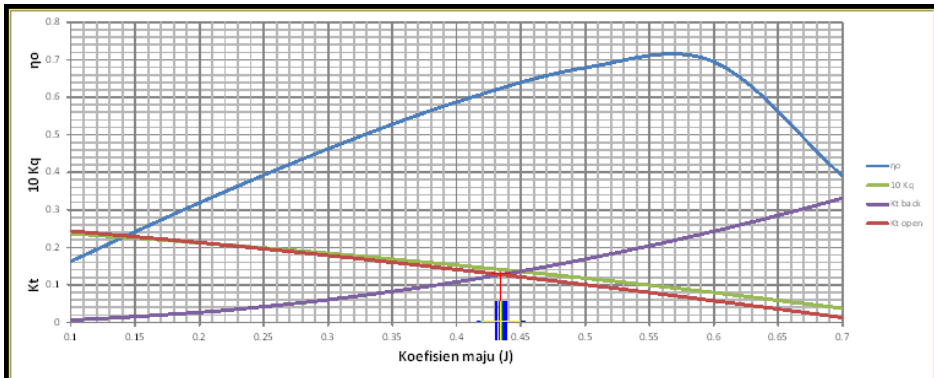
Hasil interseksi:

$J = 0.4100322$

$K_q = 0.012035$

$\eta_o = 0.61620$

324) Interseksi antara kurva K_{tHull} vs J dengan kurva K_{tProp} vs J pada
 $V_s = 21$ knot dan rasio $P/D = 0.65$



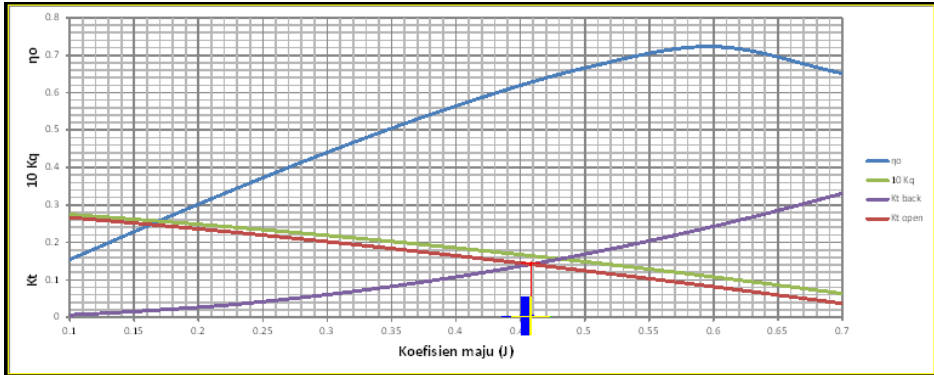
Hasil interseksi:

$J = 0.4344512$

$K_q = 0.014127$

$\eta_o = 0.62385$

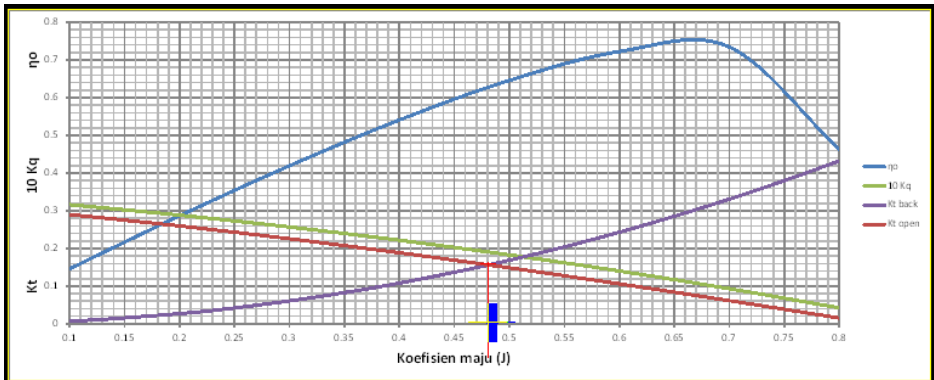
325) Interseksi antara kurva $K_{t_{Hull}}$ vs J dengan kurva $K_{t_{Prop}}$ vs J pada
 $V_s = 21$ knot dan rasio $P/D = 0.7$



Hasil interseksi:

$J = 0.4580885$
 $K_q = 0.016468$
 $\eta_p = 0.62726$

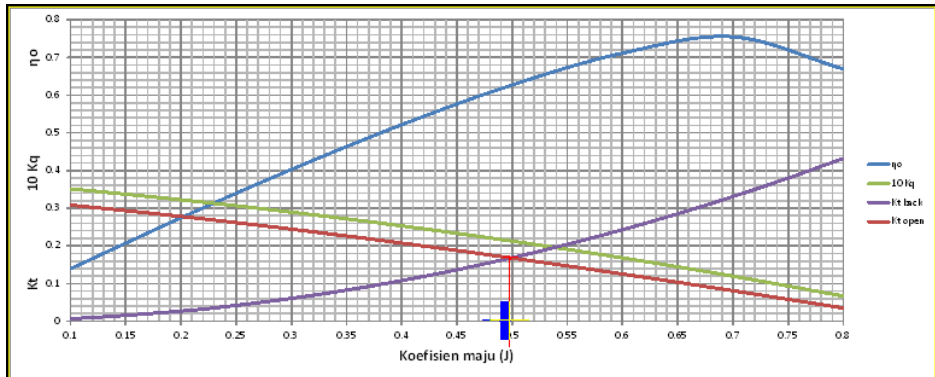
326) Interseksi antara kurva $K_{t_{Hull}}$ vs J dengan kurva $K_{t_{Prop}}$ vs J pada
 $V_s = 21$ knot dan rasio $P/D = 0.75$



Hasil interseksi:

$J = 0.4810133$
 $K_q = 0.019055$
 $\eta_p = 0.62760$

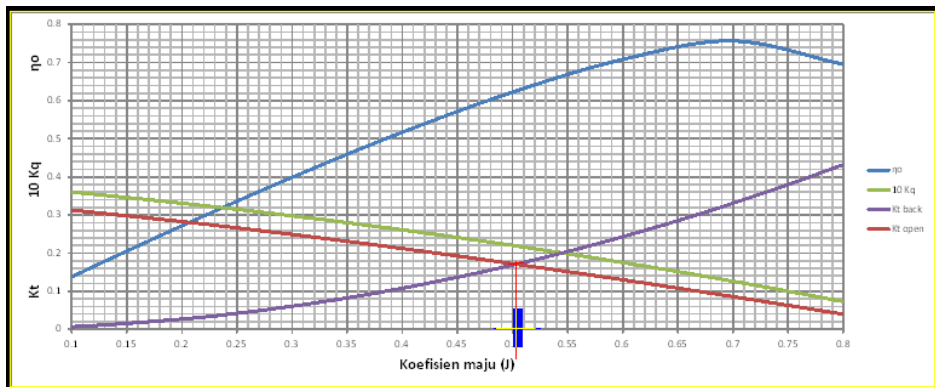
327) Interseksi antara kurva $K_{t_{Hull}}$ vs J dengan kurva $K_{t_{Prop}}$ vs J pada $V_s = 21$ knot dan rasio $P/D = 0.79$



Hasil interseksi:

$J = 0.498999$
 $K_q = 0.021315$
 $\eta_o = 0.62624$

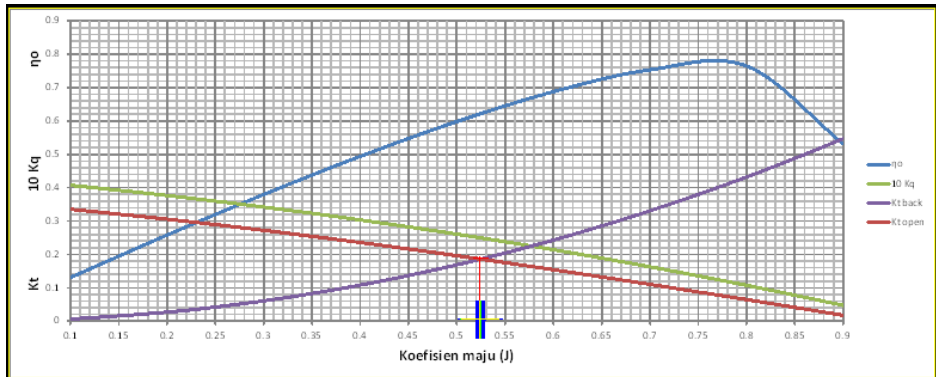
328) Interseksi antara kurva $K_{t_{Hull}}$ vs J dengan kurva $K_{t_{Prop}}$ vs J pada $V_s = 21$ knot dan rasio $P/D = 0.8$



Hasil interseksi:

$J = 0.5032785$
 $K_q = 0.021887$
 $\eta_o = 0.62572$

329) Interseksi antara kurva K_{tHull} vs J dengan kurva K_{tProp} vs J pada $V_s = 21$ knot dan rasio $P/D = 0.85$



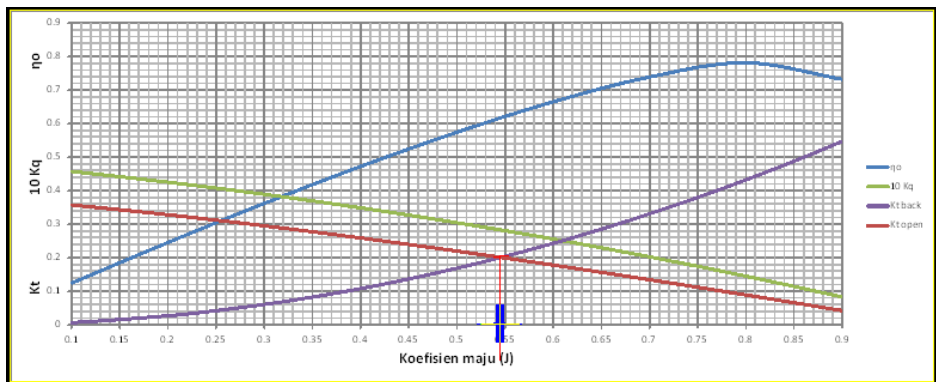
Hasil interseksi:

$J = 0.5247925$

$K_q = 0.024966$

$\eta_o = 0.62212$

330) Interseksi antara kurva K_{tHull} vs J dengan kurva K_{tProp} vs J pada $V_s = 21$ knot dan rasio $P/D = 0.9$



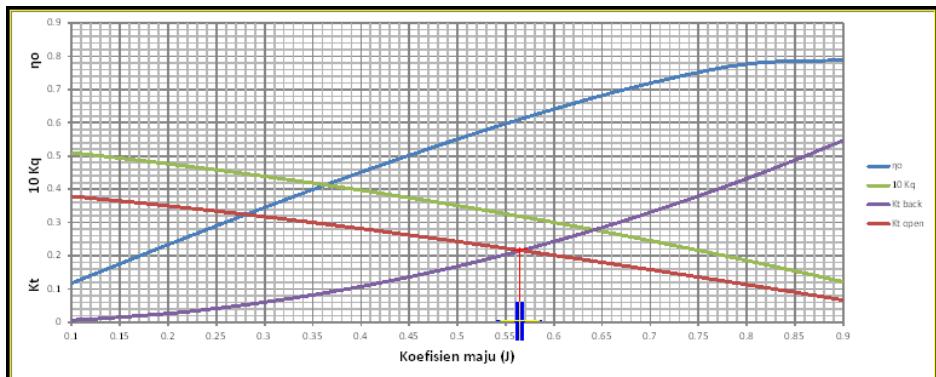
Hasil interseksi:

$J = 0.545722$

$K_q = 0.028283$

$\eta_o = 0.61737$

331) Interseksi antara kurva Kt_{Hull} vs J dengan kurva Kt_{Prop} vs J pada
 $V_s = 21$ knot dan rasio $P/D = 0.95$



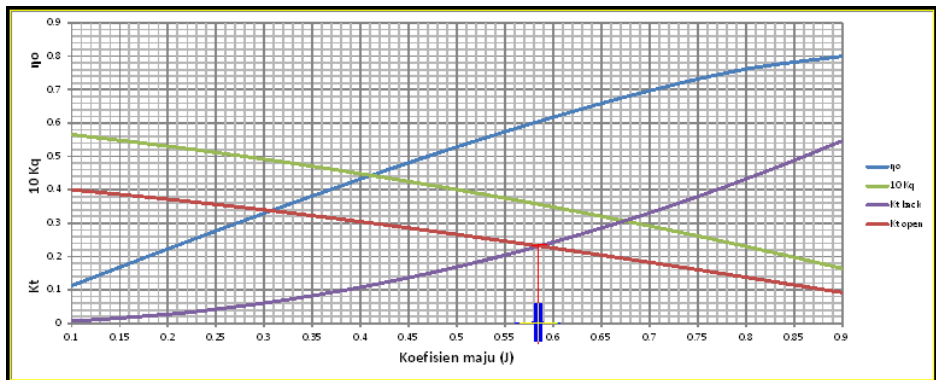
Hasil interseksi:

$J = 0.5658535$

$Kq = 0.031845$

$\eta_0 = 0.61162$

332) Interseksi antara kurva Kt_{Hull} vs J dengan kurva Kt_{Prop} vs J pada
 $V_s = 21$ knot dan rasio $P/D = 1$



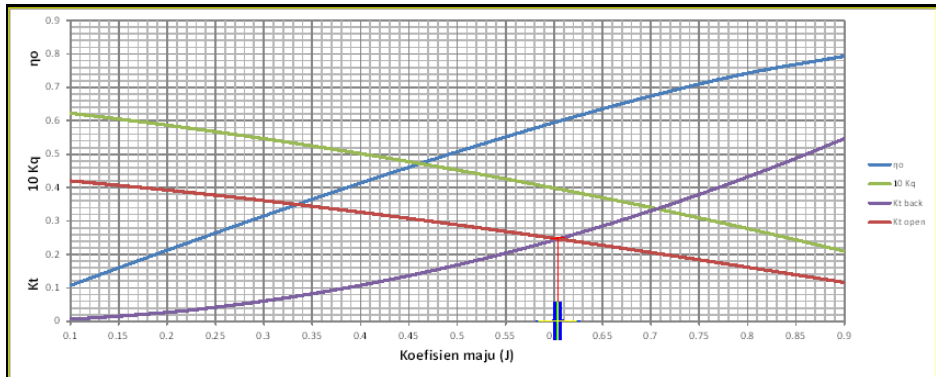
Hasil interseksi:

$J = 0.5854492$

$Kq = 0.035635$

$\eta_0 = 0.60534$

333) Interseksi antara kurva K_{tHull} vs J dengan kurva K_{tProp} vs J pada
 $V_s = 21$ knot dan rasio $P/D = 1.05$



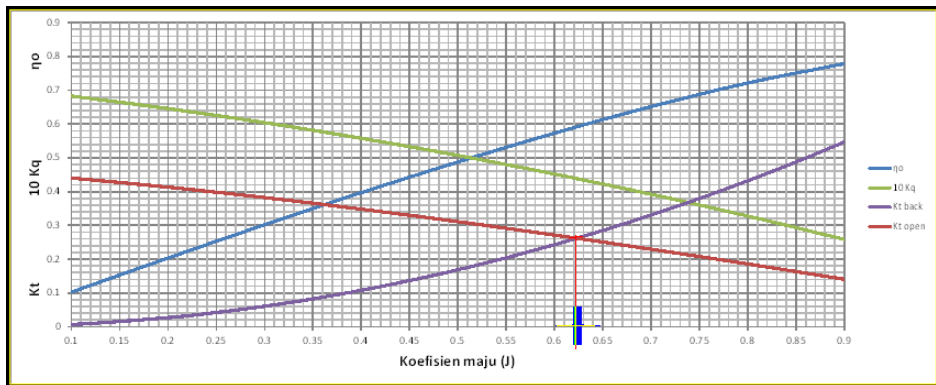
Hasil interseksi:

$J = 0.604532$

$K_q = 0.039644$

$\eta_o = 0.59877$

334) Interseksi antara kurva K_{tHull} vs J dengan kurva K_{tProp} vs J pada
 $V_s = 21$ knot dan rasio $P/D = 1.1$



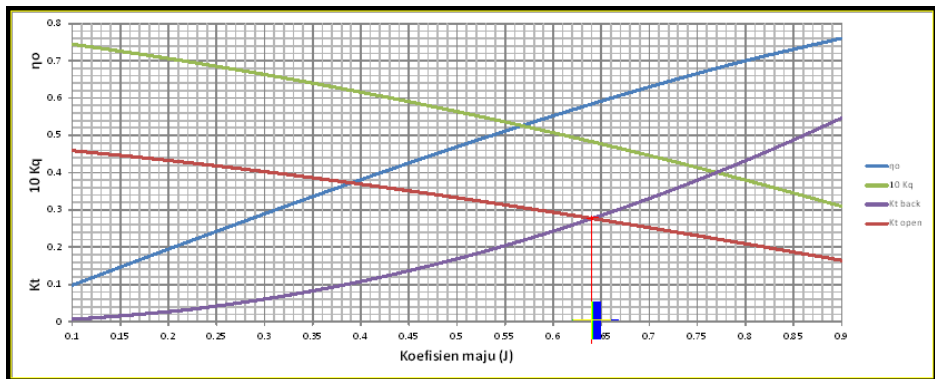
Hasil interseksi:

$J = 0.6228459$

$K_q = 0.043877$

$\eta_o = 0.59186$

335) Interseksi antara kurva K_{tHull} vs J dengan kurva K_{tProp} vs J pada $V_s = 21$ knot dan rasio $P/D = 1.15$



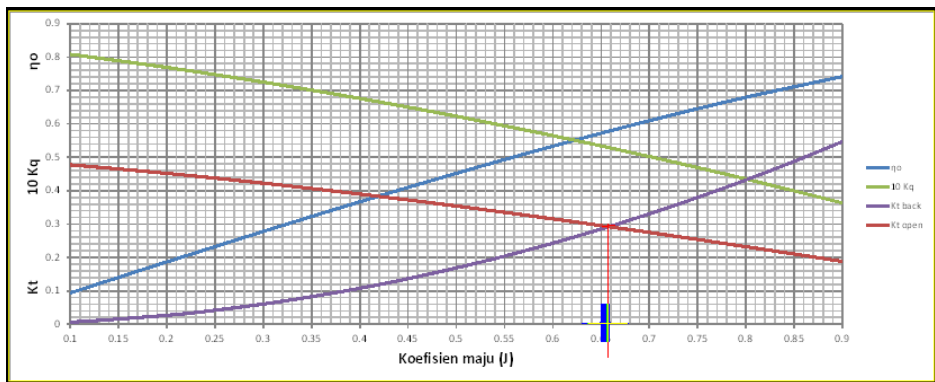
Hasil interseksi:

$$J = 0.640686$$

$$Kq = 0.048306$$

$$\eta_o = 0.58503$$

336) Interseksi antara kurva K_{tHull} vs J dengan kurva K_{tProp} vs J pada $V_s = 21$ knot dan rasio $P/D = 1.2$



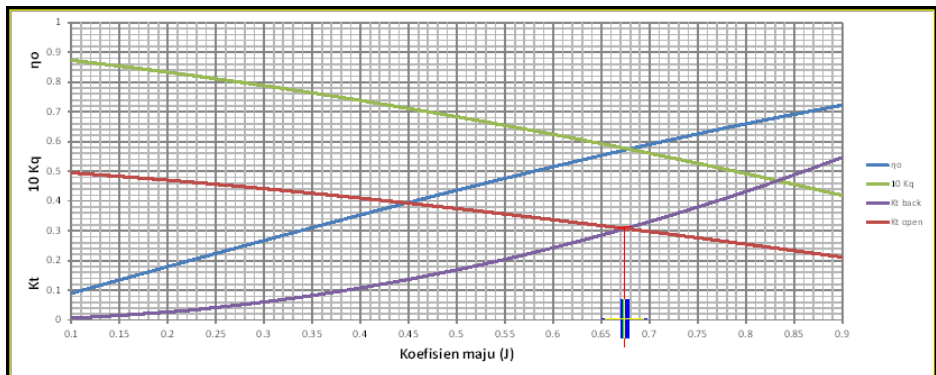
Hasil interseksi:

$$J = 0.6579185$$

$$Kq = 0.052924$$

$$\eta_o = 0.57829$$

337) Interseksi antara kurva K_{tHull} vs J dengan kurva K_{tProp} vs J pada $V_s = 21$ knot dan rasio $P/D = 1.25$



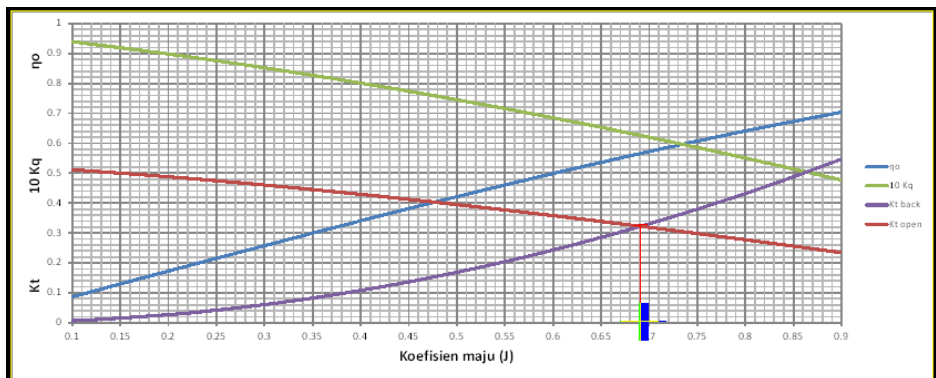
Hasil interseksi:

$J = 0.6746577$

$K_q = 0.057705$

$\eta_o = 0.57188$

338) Interseksi antara kurva K_{tHull} vs J dengan kurva K_{tProp} vs J pada $V_s = 21$ knot dan rasio $P/D = 1.3$



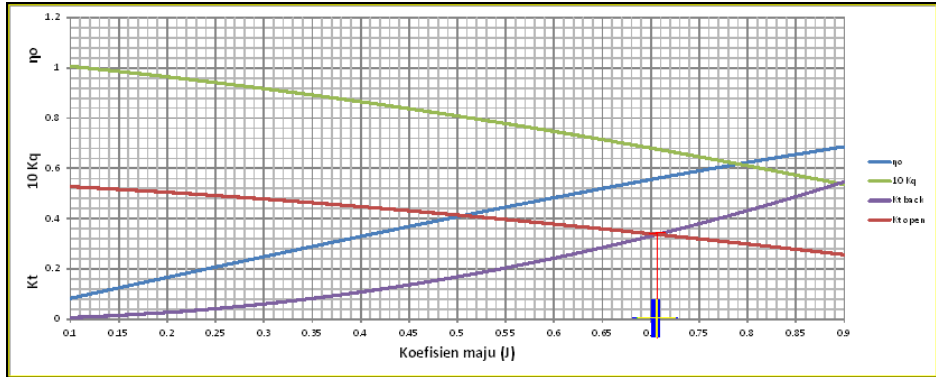
Hasil interseksi:

$J = 0.6909576$

$K_q = 0.062625$

$\eta_o = 0.56597$

339) Interseksi antara kurva K_{tHull} vs J dengan kurva K_{tProp} vs J pada
 $V_s = 21$ knot dan rasio $P/D = 1.35$



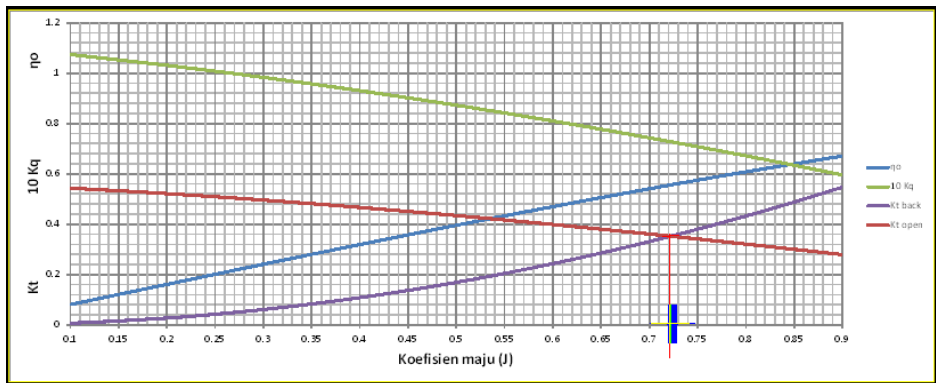
Hasil interseksi:

$J = 0.7066573$

$Kq = 0.067666$

$\eta_0 = 0.56056$

340) Interseksi antara kurva K_{tHull} vs J dengan kurva K_{tProp} vs J pada
 $V_s = 21$ knot dan rasio $P/D = 1.4$



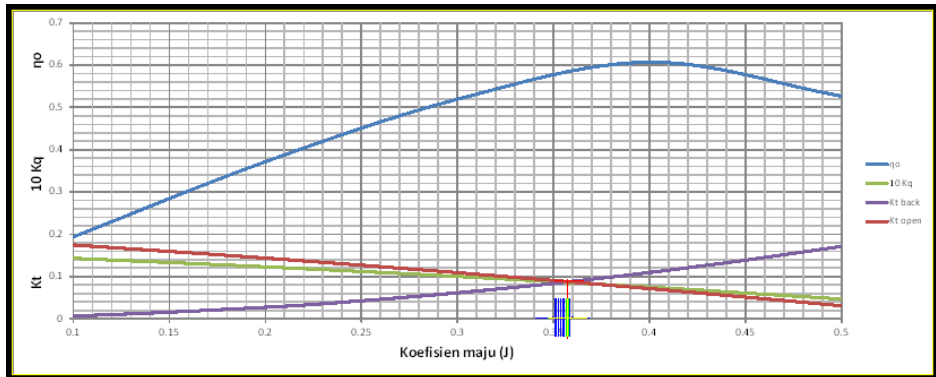
Hasil interseksi:

$J = 0.7221366$

$Kq = 0.072772$

$\eta_0 = 0.55607$

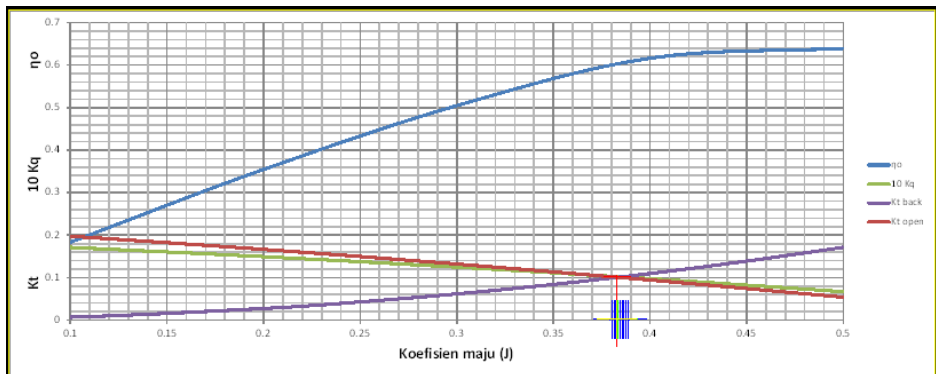
341) Interseksi antara kurva K_{tHull} vs J dengan kurva K_{tProp} vs J pada
 $V_s = 22$ knot dan rasio $P/D = 0.5$



Hasil interseksi:

$J = 0.3577669$
 $K_q = 0.008612$
 $\eta_0 = 0.58089$

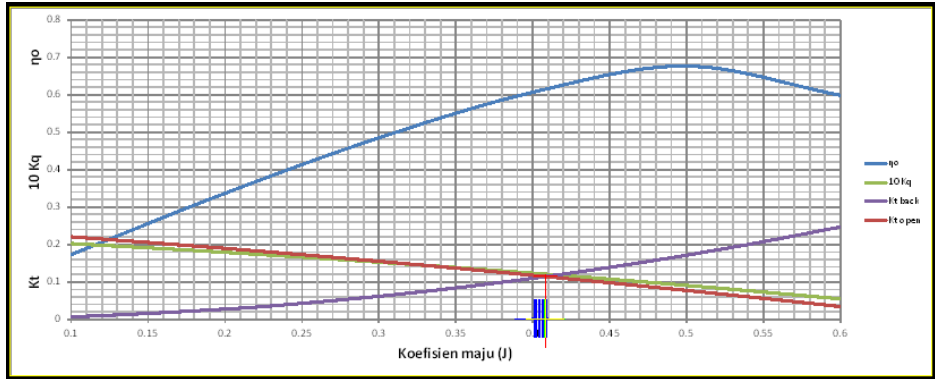
342) Interseksi antara kurva K_{tHull} vs J dengan kurva K_{tProp} vs J pada
 $V_s = 22$ knot dan rasio $P/D = 0.55$



Hasil interseksi:

$J = 0.3833219$
 $K_q = 0.010225$
 $\eta_0 = 0.60177$

343) Interseksi antara kurva K_{tHull} vs J dengan kurva K_{tProp} vs J pada
 $V_s = 22$ knot dan rasio $P/D = 0.6$



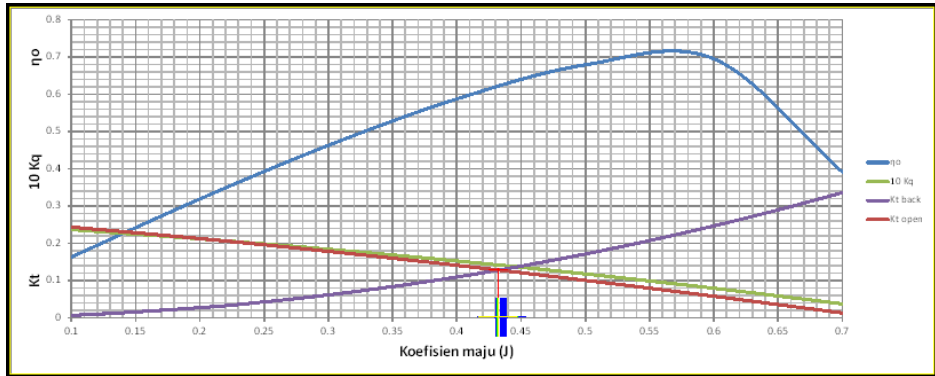
Hasil interseksi:

$J = 0.4082286$

$K_q = 0.012084$

$\eta_o = 0.61483$

344) Interseksi antara kurva K_{tHull} vs J dengan kurva K_{tProp} vs J pada
 $V_s = 22$ knot dan rasio $P/D = 0.65$



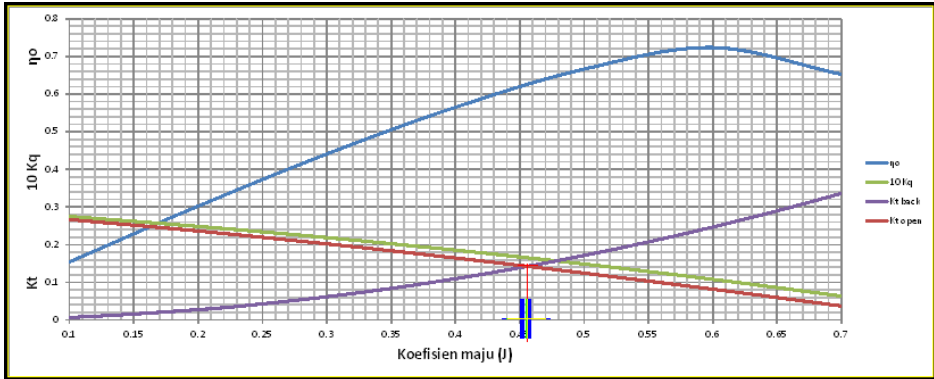
Hasil interseksi:

$J = 0.4324387$

$K_q = 0.014189$

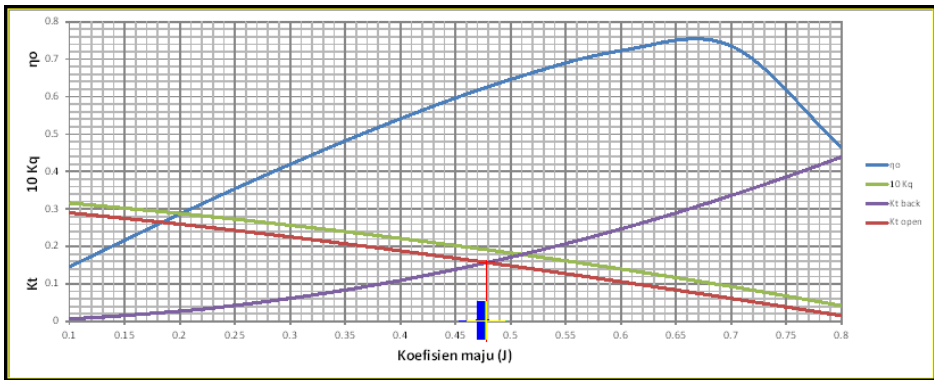
$\eta_o = 0.62219$

345) Interseksi antara kurva $K_{t_{Hull}}$ vs J dengan kurva $K_{t_{Prop}}$ vs J pada
 $V_s = 22$ knot dan rasio $P/D = 0.7$



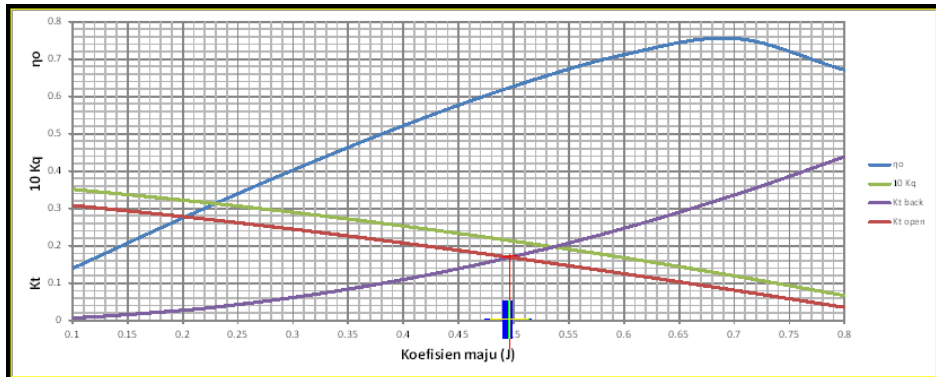
Hasil interseksi:
 $J = 0.4559306$
 $K_q = 0.016541$
 $\eta_o = 0.62541$

346) Interseksi antara kurva $K_{t_{Hull}}$ vs J dengan kurva $K_{t_{Prop}}$ vs J pada
 $V_s = 22$ knot dan rasio $P/D = 0.75$



Hasil interseksi:
 $J = 0.4787308$
 $K_q = 0.019140$
 $\eta_o = 0.62561$

347) Interseksi antara kurva K_{tHull} vs J dengan kurva K_{tProp} vs J pada $V_s = 22$ knot dan rasio $P/D = 0.79$



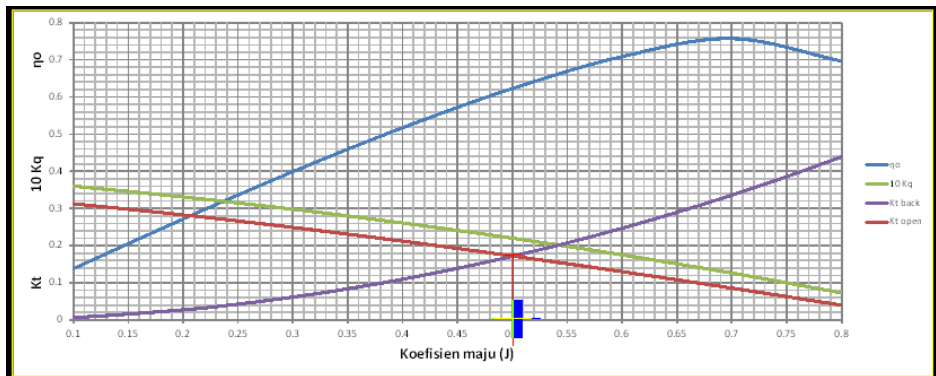
Hasil interseksi:

$J = 0.4965661$

$K_q = 0.021411$

$\eta_0 = 0.62411$

348) Interseksi antara kurva K_{tHull} vs J dengan kurva K_{tProp} vs J pada $V_s = 22$ knot dan rasio $P/D = 0.8$



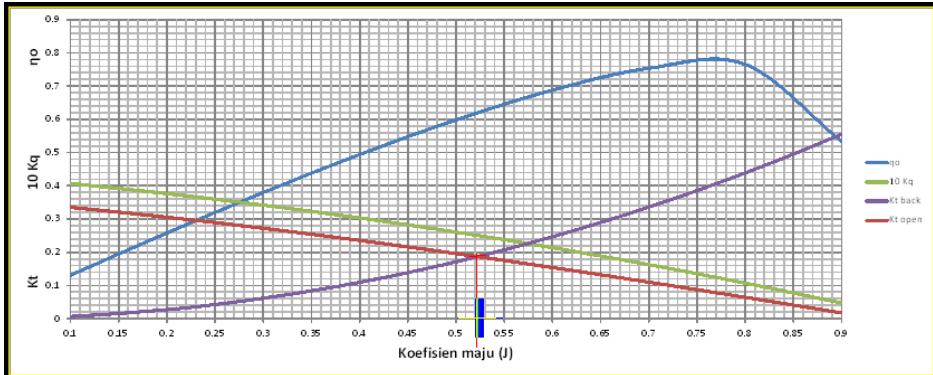
Hasil interseksi:

$J = 0.5008512$

$K_q = 0.021984$

$\eta_0 = 0.62360$

349) Interseksi antara kurva K_{tHull} vs J dengan kurva K_{tProp} vs J pada
 $V_s = 22$ knot dan rasio $P/D = 0.85$



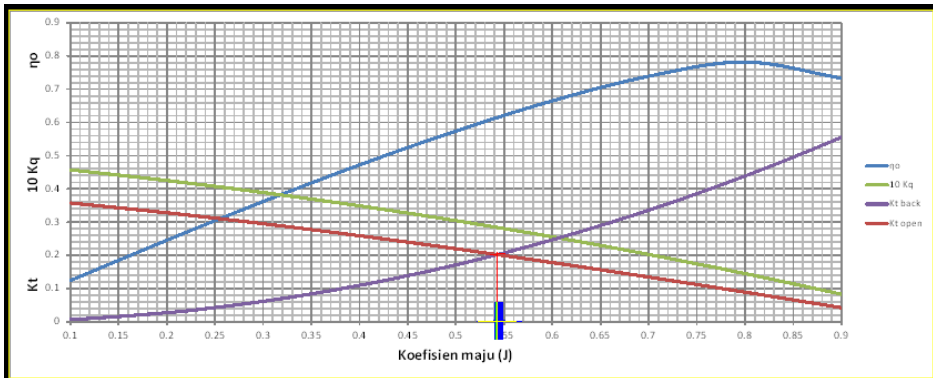
Hasil interseksi:

$$J = 0.5222523$$

$$Kq = 0.025075$$

$$\eta_0 = 0.61992$$

350) Interseksi antara kurva K_{tHull} vs J dengan kurva K_{tProp} vs J pada
 $V_s = 22$ knot dan rasio $P/D = 0.9$



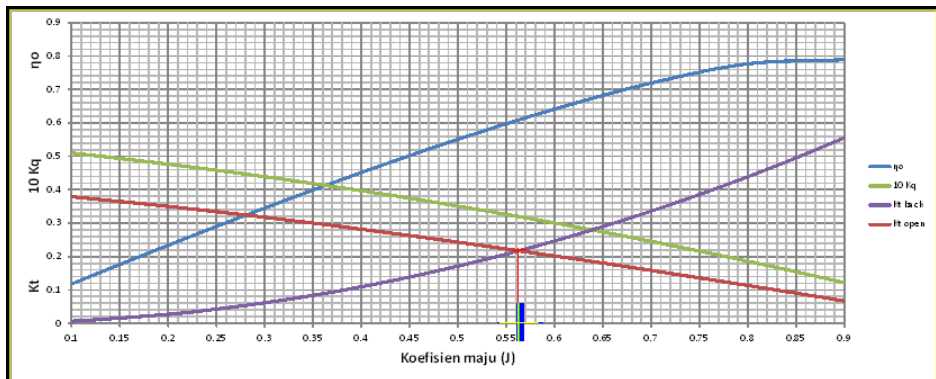
Hasil interseksi:

$$J = 0.542996$$

$$Kq = 0.028409$$

$$\eta_0 = 0.61504$$

351) Interseksi antara kurva K_{tHull} vs J dengan kurva K_{tProp} vs J pada
 $V_s = 22$ knot dan rasio $P/D = 0.95$



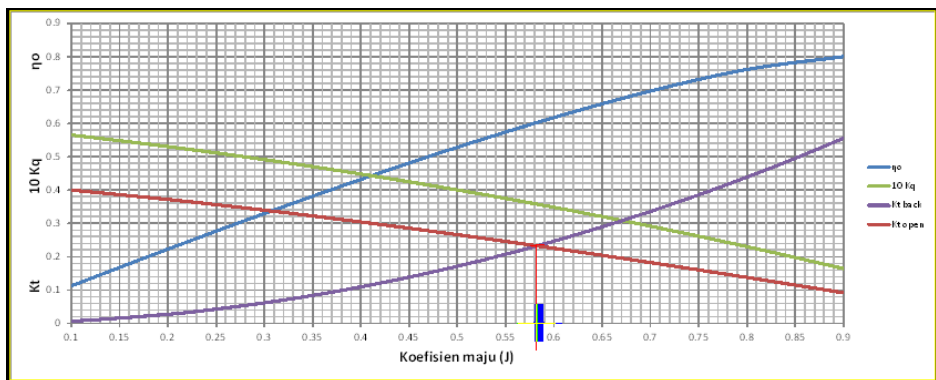
Hasil interseksi:

$$J = 0.5630142$$

$$Kq = 0.031984$$

$$\eta_o = 0.60924$$

352) Interseksi antara kurva K_{tHull} vs J dengan kurva K_{tProp} vs J pada
 $V_s = 22$ knot dan rasio $P/D = 1$



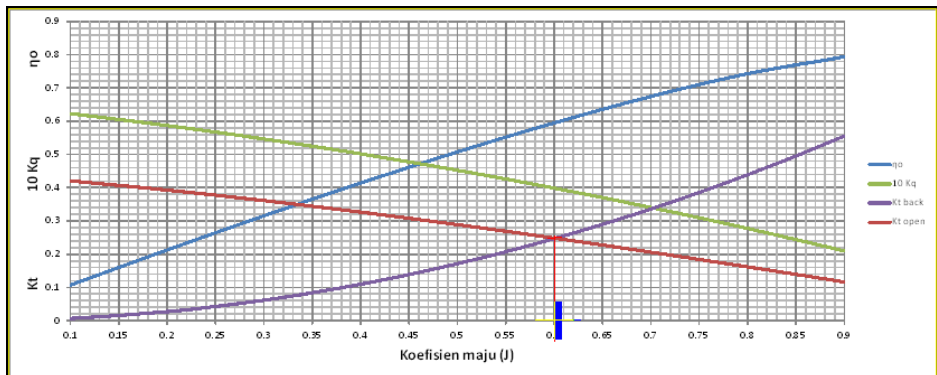
Hasil interseksi:

$$J = 0.5824539$$

$$Kq = 0.035790$$

$$\eta_o = 0.60289$$

353) Interseksi antara kurva K_{tHull} vs J dengan kurva K_{tProp} vs J pada
 $V_s = 22$ knot dan rasio $P/D = 1.05$



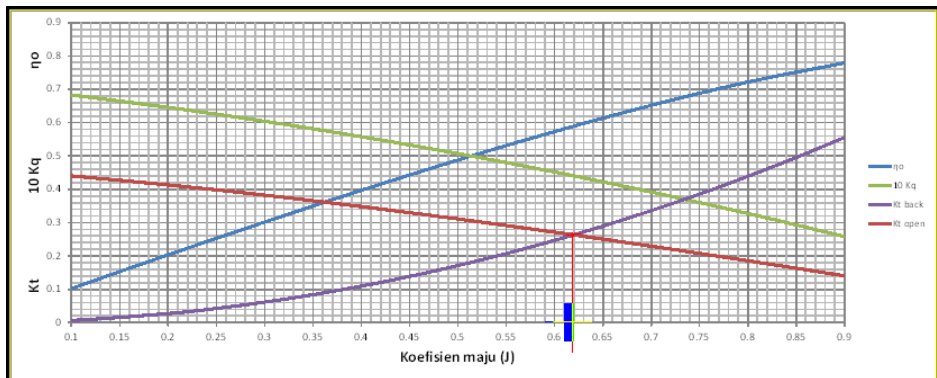
Hasil interseksi:

$$J = 0.6014286$$

$$K_q = 0.039813$$

$$\eta_o = 0.59629$$

354) Interseksi antara kurva K_{tHull} vs J dengan kurva K_{tProp} vs J pada
 $V_s = 22$ knot dan rasio $P/D = 1.1$



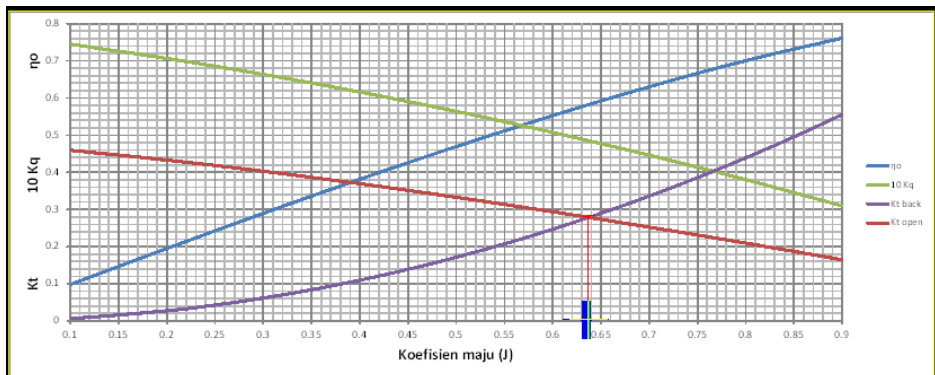
Hasil interseksi:

$$J = 0.6196058$$

$$K_q = 0.044061$$

$$\eta_o = 0.58934$$

355) Interseksi antara kurva $K_{t_{Hull}}$ vs J dengan kurva $K_{t_{Prop}}$ vs J pada
 $V_s = 22$ knot dan rasio $P/D = 1.15$



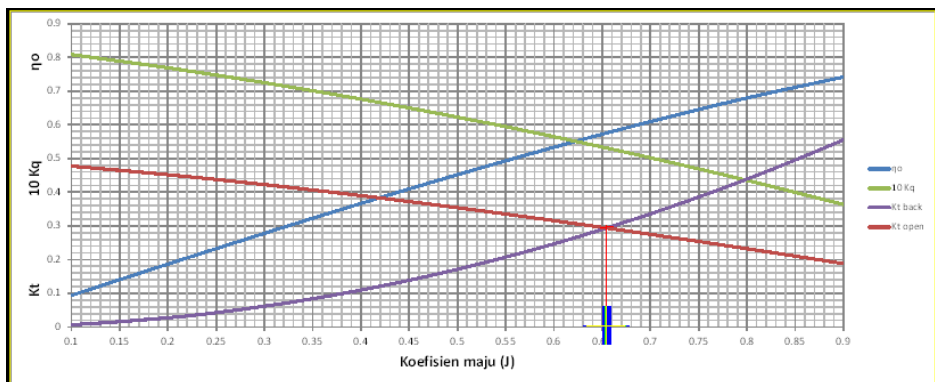
Hasil interseksi:

$J = 0.6373364$

$K_q = 0.048504$

$\eta_0 = 0.58249$

356) Interseksi antara kurva $K_{t_{Hull}}$ vs J dengan kurva $K_{t_{Prop}}$ vs J pada
 $V_s = 22$ knot dan rasio $P/D = 1.2$



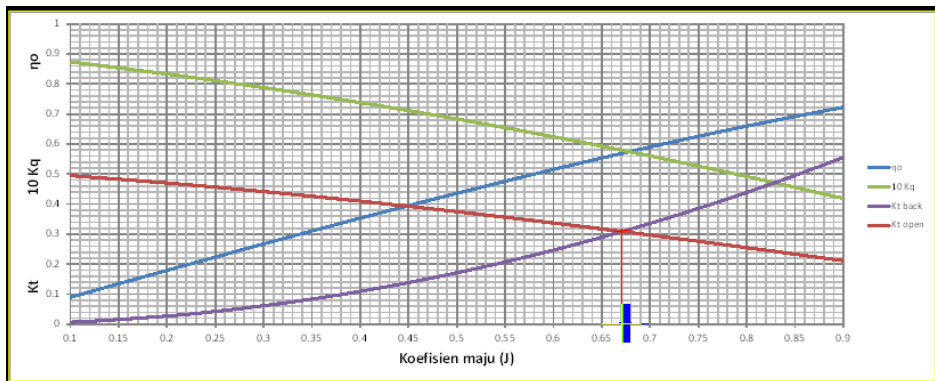
Hasil interseksi:

$J = 0.6544425$

$K_q = 0.053138$

$\eta_0 = 0.57572$

357) Interseksi antara kurva $K_{t_{Hull}}$ vs J dengan kurva $K_{t_{Prop}}$ vs J pada
 $V_s = 22$ knot dan rasio $P/D = 1.25$



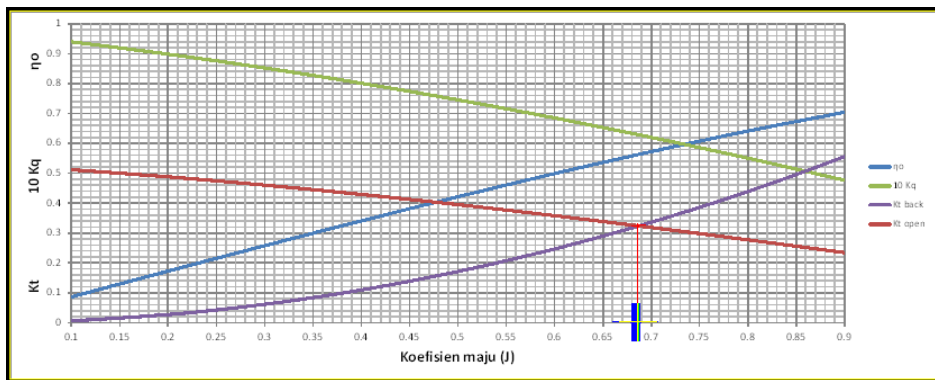
Hasil interseksi:

$J = 0.6710274$

$K_q = 0.057937$

$\eta_o = 0.56927$

358) Interseksi antara kurva $K_{t_{Hull}}$ vs J dengan kurva $K_{t_{Prop}}$ vs J pada
 $V_s = 22$ knot dan rasio $P/D = 1.3$



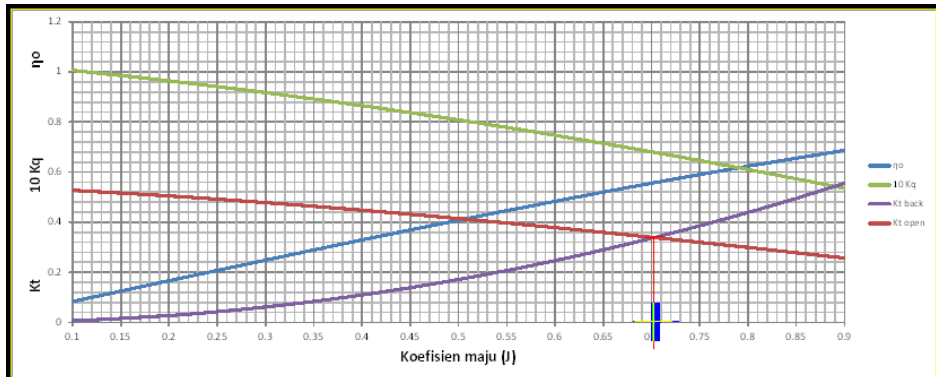
Hasil interseksi:

$J = 0.6872172$

$K_q = 0.062870$

$\eta_o = 0.56334$

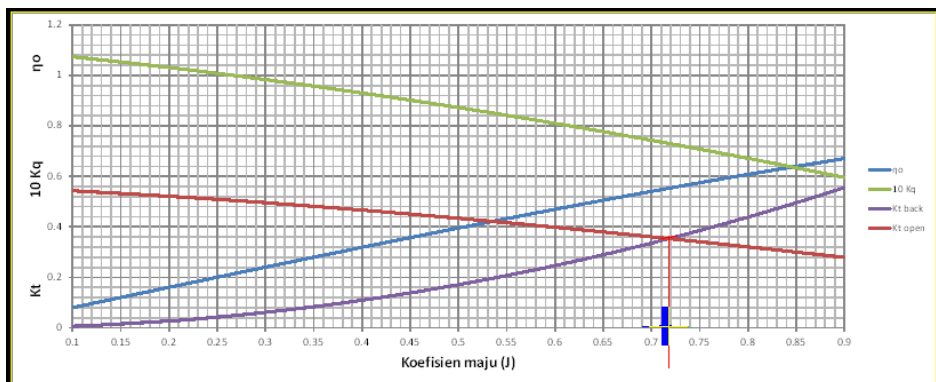
359) Interseksi antara kurva K_{tHull} vs J dengan kurva K_{tProp} vs J pada
 $V_s = 22$ knot dan rasio $P/D = 1.35$



Hasil interseksi:

$J = 0.7028465$
 $Kq = 0.067923$
 $\eta_0 = 0.55794$

360) Interseksi antara kurva K_{tHull} vs J dengan kurva K_{tProp} vs J pada
 $V_s = 22$ knot dan rasio $P/D = 1.4$



Hasil interseksi:

$J = 0.7181825$
 $Kq = 0.073046$
 $\eta_0 = 0.55340$

LAMPIRAN E

SPESIFIKASI KOMPONEN-KOMPONEN pada SISTEM DMP dan *HYBRID*

1) Mesin induk: MTU 20V 4000 M93L

Engine model	20V 4000 M93	20V 4000 M93L
Rated power ICFN kW (bhp)	3900 (5230)	4300 (5766)
Speed rpm	2100	2100
Exhaust optimization	IMO II/ EPA 2	IMO II/ EPA 2
Fuel consumption		
at rated power g/kWh	212	220
l/h (gal/h)	996.1 (263.2)	1139.8 (300.9)
Optimum value g/kWh	205	205
Dimensions and masses - engine		
Length (L) mm (in)	4040 (159.1)	4040 (159.1)
Width (W) mm (in)	1470 (57.9)	1470 (57.9)
Height (H) mm (in)	2440 (96.1)	2440 (96.1)
Mass, dry kg (lbs)	12900 (28439)	12900 (28439)
Dimensions and masses - with gearbox		
Gearbox model, standard	ZF 24000	ZF 24000
Gearbox model, alternative	on request	on request
Length (L1) mm (in)	6025 (237.2)	6025 (237.2)
Width (W) mm (in)	1470 (57.9)	1470 (57.9)
Height (H1) mm (in)	2250 (88.6)	2250 (88.6)
Mass, dry kg (lbs)	15587 (34363)	15587 (34363)
Engine main data		
No. of cylinders	20	20
Bore / stroke mm (in)	170/190 (6.7/7.5)	170/190 (6.7/7.5)
Displacement, total l (cu in)	86.2 (5260)	86.2 (5260)
Classification, restricted service	X	X

2) Mesin induk: MTU 20V 4000 M73L

Engine model	16V 4000 M70	16V 4000 M71
Rated power ICFN kW (bhp)	2320 (3111)	2465 (3306)
Speed rpm	2000	2000
Exhaust optimization	IMO I	IMO I
Fuel consumption		
at rated power g/kWh	201	209
l/h (gal/h)	561.8 (148.4)	620.7 (164.0)
Optimum value g/kWh	196	196
Dimensions and masses - engine		
Length (L) mm (in)	3380 (133.1)	3380 (133.1)
Width (W) mm (in)	1520 (59.8)	1520 (59.8)
Height (H) mm (in)	1835 (72.2)	1835 (72.2)
Mass, dry kg (lbs)	8170 (18012)	8170 (18012)
Dimensions and masses - with gearbox		
Gearbox model, standard	on request,	on request,
Gearbox model, alternative	please	please
Length (L1) mm (in)	contact your	contact your
Width (W) mm (in)	MTU dealer	MTU dealer
Height (H1) mm (in)		
Mass, dry kg (lbs)		
Engine main data		
No. of cylinders	16	16
Bore / stroke mm (in)	165/190 (6.5/7.5)	165/190 (6.5/7.5)
Displacement, total l (cu in)	65.0 (3967)	65.0 (3967)
Classification, unrestricted service	X	X

16V 4000 M73	16V 4000 M73L	20V 4000 M73	20V 4000 M73L
2560 (3435)	2880 (3860)	3200 (4290)	3600 (4830)
1970	2050	1970	2050
IMO II/ EPA 2	IMO II/ EPA 2	IMO II/ EPA 2	IMO II/ EPA 2
218	220	213	212
672.4 (177.5)	763.4 (201.5)	821.2 (217.0)	919.5 (242.9)
205	205	210	210
3510 (138.2)	3510 (138.2)	4040 (159.1)	4040 (159.1)
1850 (72.8)	1850 (72.8)	1470 (57.9)	1470 (57.9)
2185 (86)	2185 (86)	2440 (96.1)	2440 (96.1)
9890 (21803)	9890 (21803)	12900 (28439)	12900 (28439)
ZF 7650	ZF 9050	ZF 9055	ZF 24000
on request	on request	on request	on request
4770 (187.8)	4930 (194.1)	5650 (222.4)	5720 (225.2)
1850 (72.8)	1850 (72.8)	1470 (57.9)	1470 (57.9)
2240 (88.2)	2345 (92.3)	2610 (102.5)	2250 (88.6)
10965 (24173)	11380 (25088)	14395 (31735)	15585 (34358)
16	16	20	20
170/190 (6.7/7.5)	170/190 (6.7/7.5)	170/190 (6.7/7.5)	170/190 (6.7/7.5)
69.0 (4210)	69.0 (4210)	86.2 (5260)	86.2 (5260)
X	X	X	X

3) *Shaft generator motor: M3BP 355 SMC 4*

Process performance cast iron and aluminum motors

Technical data for totally enclosed squirrel cage three phase motors

IP 55, IC 411; Insulation class F, temperature rise class B

Output kW	Type designation	Product code	Speed r/min	Efficiency		Power factor cos φ	Current		Torque		Moment of inertia J=1/4 GD ² kgm ²	Weight kg	Sound pressure level LP dB(A)	
				Full load 100%	3/4 load 75%		I _N A	I _{max} A	T _N Nm	T _{max} Nm				
4-poles = 1500 r/min				400 V 50 Hz				Basic design				EFF I		
0.25	M2BA 71 M4 A	3GBA 072 310-→A	1390	66.3	63.3	0.73	0.75	5.2	1.72	2.1	2.7		0.0005	11
0.37	M2BA 71 M4 B	3GBA 072 320-→A	1380	70.8	69.4	0.75	1.01	5.2	2.56	2.1	2.6	0.0007	11	45
0.55	M2BA 80 M4 A	3GBA 082 310-→A	1410	75.0	72.4	0.73	1.45	5.2	3.73	2.4	2.7	0.0014	16	46
0.75	M2BA 80 M4 B	3GBA 082 320-→A	1400	76.3	75.1	0.76	1.87	6.0	5.12	2.4	2.6	0.0017	17	46
1.1	M2BA 90 S4 A	3GBA 092 110-→A	1400	78.5	77.8	0.78	2.6	6.0	7.5	2.3	2.4	0.0025	21	52
1.5	M2BA 90 L4 A	3GBA 092 510-→A	1390	80.5	79.2	0.78	3.45	6.0	10.31	2.3	2.6	0.0037	26	52
2.2	M2BA 100 L4 A	3GBA 102 510-→A	1430	82.5	81.7	0.80	4.82	6.0	14.69	2.3	2.7	0.0068	32	53
3	M2BA 100 L4 B	3GBA 102 520-→A	1420	84.5	82.5	0.82	6.25	6.5	20.18	2.3	2.8	0.0086	36	53
4	M2BA 112 M4 A	3GBA 112 310-→A	1430	86.0	84.7	0.81	8.24	6.5	26.71	2.3	2.8	0.0131	45	56
5.5	M2BA 132 S4 A	3GBA 132 110-→A	1430	87.4	87.1	0.84	10.82	6.5	36.73	2.3	2.9	0.0267	60	59
7.5	M2BA 132 M4 A	3GBA 132 310-→A	1440	89.0	88.7	0.85	14.34	6.5	49.74	2.3	2.7	0.0343	73	59
11	M3BP 160 M	3GBP 162 101-→A	1460	92.0	92.7	0.81	21.5	7.8	72	3.3	3.2	0.091	115	62
15	M3BP 160 L	3GBP 162 102-→A	1460	91.8	92.5	0.82	29	8.1	98	3.0	3.6	0.102	135	62
18.5	M3BP 180 M	3GBP 182 101-→A	1470	92.3	92.9	0.84	35	7.0	120	2.9	2.9	0.161	175	62
22	M3BP 180 L	3GBP 182 102-→A	1470	93.1	93.9	0.85	40	7.1	143	3.1	3.3	0.225	203	63
30	M3BP 200 MLB	3GBP 202 001-→A	1475	93.4	94.0	0.84	55	7.5	194	2.5	2.8	0.34	275	63
37	M3BP 225 SMA	3GBP 222 001-→A	1480	93.6	93.8	0.84	68	7.6	239	3.1	3.3	0.37	310	66
45	M3BP 225 SMB	3GBP 222 002-→A	1480	94.2	94.4	0.83	83	7.6	291	3.4	3.0	0.42	330	66
55	M3BP 250 SMA	3GBP 252 001-→A	1480	94.6	94.9	0.86	98	7.6	355	3.1	3.0	0.72	420	67
75	M3BP 280 SMA	3GBP 282 210-→G	1484	94.9	94.8	0.85	135	6.9	483	2.5	2.8	1.25	625	68
90	M3BP 280 SMB	3GBP 282 220-→G	1483	95.2	95.2	0.86	159	7.2	580	2.5	2.7	1.5	665	68
110	M3BP 315 SMA	3GBP 312 210-→G	1487	95.6	95.4	0.86	193	7.2	706	2.0	2.5	2.3	900	70
132	M3BP 315 SMB	3GBP 312 220-→G	1487	95.8	95.6	0.86	232	7.1	848	2.3	2.7	2.6	960	70
160	M3BP 315 SMC	3GBP 312 230-→G	1487	96.0	95.9	0.85	287	7.2	1028	2.4	2.9	2.9	1000	70
200	M3BP 315 MLA	3GBP 312 410-→G	1486	96.2	96.2	0.86	351	7.2	1285	2.5	2.9	3.5	1160	70
250	M3BP 355 SMA	3GBP 352 210-→G	1488	96.5	96.3	0.86	438	7.1	1604	2.3	2.7	5.9	1610	74
315	M3BP 355 SMB	3GBP 352 220-→G	1488	96.7	96.6	0.86	550	7.1	2022	2.3	2.8	6.9	1780	74
355	M3BP 355 SMC	3GBP 352 230-→G	1487	96.7	96.6	0.86	616	6.8	2280	2.4	2.7	7.2	1820	78

4) *Frequency converter: ACS850-04-650A-5*

Ratings 400 to 500 V

Nominal ratings		No-overload use			Light-duty use			Heavy-duty use			Type designation	Frame size		
I_{2N} (A)	I_{1Max} (A)	P_N (kW) $U_N = 400$ V	P_N (kW) $U_N = 500$ V	P_N (hp) $U_N = 480$ V	I_{1L} (A)	P_{1L} (kW) $U_N = 400$ V	P_{1L} (kW) $U_N = 500$ V	P_{1L} (hp) $U_N = 480$ V	I_{1H} (A)	P_{1H} (kW) $U_N = 400$ V	P_{1H} (kW) $U_N = 500$ V	P_{1H} (hp) $U_N = 480$ V		
3	4.4	1.1	1.5	1.5	2.8	1.1	1.1	1	2.5	0.75	1.1	1	ACS850-04-03A0-5	A
3.6	5.3	1.5	1.5	2	3.4	1.5	1.5	2	3	1.1	1.5	1.5	ACS850-04-03A6-5	A
4.8	7	2.2	2.2	3	4.5	1.5	2.2	2	4	1.5	2.2	2	ACS850-04-04A8-5	A
6	8.8	2.2	3	3	5.5	2.2	3	3	5	2.2	2.2	3	ACS850-04-06A0-5	A
8	10.5	3	4	5	7.6	3	4	5	6	2.2	3	3	ACS850-04-08A0-5	A
10.5	13.5	4	5.5	5	9.7	4	5.5	5	9	4	4	5	ACS850-04-010A-5	B
14	16.5	5.5	7.5	7.5	13	5.5	7.5	7.5	11	5.5	5.5	7.5	ACS850-04-014A-5	B
18	21	7.5	11	10	16.8	7.5	7.5	10	14	7.5	7.5	10	ACS850-04-018A-5	B
25	33	11	15	15	23	11	11	15	19	7.5	11	10	ACS850-04-025A-5	C
30	36	15	18.5	20	28	15	15	20	24	11	15	15	ACS850-04-030A-5	C
35	44	18.5	22	25	32	15	18.5	20	29	15	18.5	20	ACS850-04-035A-5	C
44	53	22	30	30	41	22	22	30	35	18.5	22	25	ACS850-04-044A-5	C
50	66	22	30	30	46	22	30	30	44	22	30	30	ACS850-04-050A-5	C
61	78	30	37	40	57	30	37	40	52	22	30	40	ACS850-04-061A-5	D
78	100	37	45	60	74	37	45	50	66	37	45	50	ACS850-04-078A-5	D
94	124	45	55	60	90	45	55	60	75	37	45	50	ACS850-04-094A-5	D
103	138	55	55	75	100	55	55	75	83	45	55	60	ACS850-04-103A-5	E0
144	170	75	90	100	141	75	90	100	100	55	55	75	ACS850-04-144A-5	E
166	202	90	110	125	155	75	90	125	115	55	75	75	ACS850-04-166A-5	E
202	282	110	132	150	184	90	110	150	141	75	90	100	ACS850-04-202A-5	E
225	326	110	132	150	220	110	132	150	163	90	110	125	ACS850-04-225A-5	E
260	326	132	160	200	254	132	160	200	215	110	132	150	ACS850-04-260A-5	E
290	348	160	200	200	286	160	200	200	232	132	160	150	ACS850-04-290A-5	E
387	470	200	250	300	377	200	250	300	300	160	200	200	ACS850-04-387A-5	G1
500	560	250	315	350	480	250	315	350	355	200	250	250	ACS850-04-500A-5	G1
580	680	315	355	450	570	315	355	450	414	200	250	350	ACS850-04-580A-5	G1
650	730	355	400	500	634	355	400	500	477	250	315	400	ACS850-04-650A-5	G1

5) Gearbox: ZF 23560 C dan ZF 24060 D

CONTINUOUS DUTY
SINGLE SPEED

C

PRODUCT	RATIOS	POWER FACTOR		INPUT POWER CAPACITY						MAX. KW/ HP/RPM		WEIGHT		BELL HSGS. & NOTES
		KW/RPM	HP/RPM	KW		HP		KW		HP		KG	LB	
				1000 RPM		1200 RPM		1600 RPM		1800 RPM				
ZF W17200 NR ^{4, 5, 6, 11}	6.000, 6.522, 6.909*	2.1300	2.8564	2130	2856	2556	3428	3408	4570	3408	4570	5250	11574	
	7.238	1.9200	2.5748	1920	2575	2304	3090	3072	4120	3072	4120			
ZF W17210 ^{4, 5}	6.000, 6.522, 6.909*	2.0000	2.6820	2000	2682	2400	3218	3200	4291	3200	4291	5800	12787	
	7.238	1.9200	2.5748	1920	2575	2304	3090	3072	4120	3072	4120			
ZF W17210 NR ^{4, 5, 6, 11}	6.000, 6.522	2.2500	3.0173	2250	3017	2700	3621	3600	4828	3600	4828	5250	11574	
ZF W17230 ^{4, 5}	6.000, 6.522, 6.909*	2.1300	2.8564	2130	2856	2556	3428	3408	4570	3408	4570	5870	12941	
ZF W17230 NR ^{4, 5, 7, 11}	5.654*	2.4740	3.3177	2474	3318	2969	3981	3958	5308	3958	5308	5290	11662	
	6.000	2.4000	3.2185	2400	3219	2880	3862	3840	5150	3840	5150			
	6.250*	2.3000	3.0844	2300	3084	2760	3701	3680	4935	3680	4935			
ZF W17250 ^{4, 5}	6.000, 6.522*	2.2500	3.0173	2250	3017	2700	3621	3600	4828	3600	4828	5870	12941	
ZF W17250 NR ^{4, 5, 7, 11}	5.654*	2.5000	3.3526	2500	3353	3000	4023	4000	5364	4000	5364	5290	11662	
				1200 RPM		1600 RPM		1800 RPM		1800 RPM				
ZF 23560 C	1.721, 2.278, 2.839, 3.577	1.7801	2.3872	2136	2865	2848	3820	3204	4297	3204	4297	2600	5732	
(iV=1,000)														
ZF 23560 C	4.042	1.5754	2.1126	1890	2535	2521	3380	2836	3803	2836	3803	2600	5732	
(iV=1,130)														
ZF 23560 C	4.552*	1.3984	1.8753	1678	2250	2237	3000	2517	3376	2517	3376	2600	5732	
(iV=1,273)														
ZF 23560 C	5.122*	1.2429	1.6668	1491	2000	1989	2667	2237	3000	2237	3000	2600	5732	
(iV=1,432)														
				500 RPM		600 RPM		700 RPM		750 RPM				
ZF 23860 C	0.697*, 0.847*, 1.121*, 1.397*, 1.760*	3.6178	4.8515	1809	2426	2171	2911	2532	3396	2713	3639	2600	5732	
				1200 RPM		1600 RPM		1800 RPM		1800 RPM				
ZF 24060 D ^{9, 14}	1.514*, 2.032, 2.577, 2.760*, 3.043,	1.7801	2.3872	2136	2865	2848	3820	3204	4297	3204	4297	2650	5842	
(3.476)														
	3.947*	1.6105	2.1597	1933	2592	2577	3456	2899	3887	2899	3887			

6) Diesel generator set: CAT 18 ACERT

C18 ACERT™

MARINE GENERATOR SET PACKAGE

350 kW	383 kW	1500 rpm
400 kW	438 kW	1500 rpm
450 kW	492 kW	1500 rpm



Image shown may not reflect actual engine

SPECIFICATIONS

I-6, 4-Stroke-Cycle-Diesel

- IMO II compliant
- 18.0 L (1099 cu in) displacement
- 50 to 1500 rpm rated engine speed
- 145 mm (5.7 in) bore x 183 mm (7.2 in) stroke
- Turbocharged and aftercooled aspiration
- Electronically governed
- Heat exchanger or keel cooled
- Refill capacity
 - Cooling system: 45 L (12 gal)
 - Lube oil system: 68 L (18 gal) deep pan
- 500-hour oil change interval deep pan
- Caterpillar Diesel Engine Oil 10W30 or 15W40
- SAE No. 8 flywheel and flywheel housing
- 136 flywheel teeth (18 inch)
- Counterclockwise rotation from flywheel end



STANDARD ENGINE EQUIPMENT

- Separate circuit aftercooler (SCAC)
- Heavy-duty inlet air filter
- Heat exchanger or keel cooling
- SCAC and JW shut tanks with sight glass
- Auxiliary pump for heat exchanger cooling
- SCAC and jacket water pumps
- Watercooled exhaust manifold and turbocharger
- Round flanged exhaust outlet
- Center sump oil pan, deep
- Oil filter, filter, and dipstick, front service
- MEUI fuel system
- Fuel filter, front service
- Fuel transfer and priming pumps
- Hybrid fuel lines
- Electronic fuel/air ratio control
- Formed C-channel rails
- Vibration isolators
- SR4B permanent magnet 12-lead generator
- Digital voltage regulator
- Class H insulation, Class F temperature rise, IP23 protection

DIMENSIONS

Left Side

Front



ENGINE DIMENSIONS & WEIGHT		
(1) Length	3840 mm	151.7 in
(2) Width	1547 mm	60.9 in
(3) Height	1684 mm	66.3 in
Weight, Net Dry (approx)	4406 kg	9713 lb

Note: Do not use these dimensions for installation design. See general dimension drawings for detail.

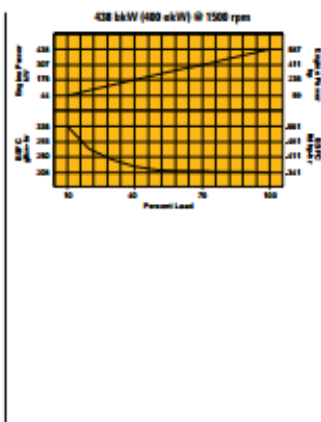
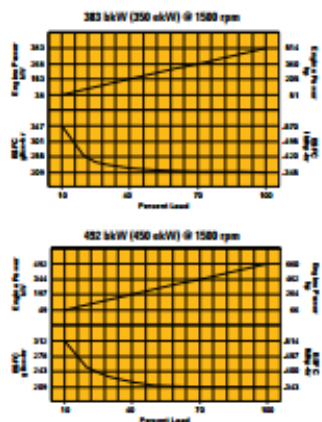
MARINE ENGINE PERFORMANCE

Prime Rating – EM0091-01

% Load	ekW	bhp	g/hr	kW	g/kW-hr	ekW	bhp	g/hr	kW	g/kW-hr
100	350	514	25.2	383	209	400	567	28.7	438	208
75	263	385	19.8	287	211	300	441	21.8	329	211
50	175	257	13.1	192	217	200	294	14.8	219	214
25	88	129	7.3	96	241	100	147	8.9	118	258
10	10	51	4.2	38	347	40	58	4.8	44	325

Prime Rating – EM0093-01

% Load	ekW	bhp	g/hr	kW	g/kW-hr
100	450	660	32.3	492	209
75	338	495	24.3	369	209
50	225	330	16.5	246	214
25	113	165	9.3	123	241
10	45	66	4.8	49	312



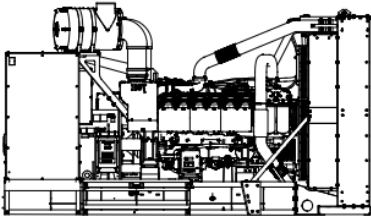
CAT, CATERPILLAR, their respective logos, ACERT, "Caterpillar Yellow" and the "Power Edge" trade dress, as well as corporate and product identity used herein, are trademarks of Caterpillar and may not be used without permission.

U.S. SAE J1349
ISO 15926-1 (1)-(10)

©2013 Caterpillar
All rights reserved.
Models and specifications are subject to change without notice.
The International System of Units (SI) is used in this publication.

7) Diesel generator set: KOHLER KD800-YF

KOHLER
Power Systems



Industrial Diesel Generator Set - KD800-YF
for Stationary Emergency Applications

KDxxxx-YF designates a 50 Hz generator set with a fuel optimized engine.

Ratings Range

50 Hz			
Standby:	kW	656-720	
	kVA	820-900	
Prime:	kW	584-632	
	kVA	730-790	

Standard Features

- Kohler Co. provides one-source responsibility for the generating system and accessories.
- The generator set and its components are prototype-tested, factory-built, and production-tested.
- The generator set accepts rated load in one step.
- A standard three-year or 1000-hour limited warranty for standby applications. Five-year basic, five-year comprehensive, and ten-year extended limited warranties are also available.
- A standard two-year or 8000-hour limited warranty for prime power applications.
- Other features:
 - Kohler designed controllers for one-source system integration and remote communication. See Controller on page 4.
 - The low coolant level shutdown prevents overheating (standard on radiator models only).

General Specifications

Manufacturer	Kohler
Engine: model	KD27V12
Alternator Choices	KH02970TO4D KH03450TO4D KH04070TO4D
Performance Class	Per ISO 8528-5
One Step Load Acceptance	100%
Voltage	Wye
Controller	APM802
Fuel Tank Capacity, L (gal.)	3475-15740 (918-4158)
Fuel Consumption, L/hr (gal./hr)	
100% at Standby	180 (47.5)
Fuel Consumption, L/hr (gal./hr)	
100% at Prime Power	164 (43.3)
Data Center Continuous (DDC) Rating (Refer to TIB-101 for definitions)	Same as the Prime Rating below

Generator Set Ratings

Alternator	Voltage	Ph	Hz	150°C Rise Standby Rating		130°C Rise Standby Rating		125°C Rise Prime Rating		105°C Rise Prime Rating	
				kW/kVA	Amps	kW/kVA	Amps	kW/kVA	Amps	kW/kVA	Amps
KH02970TO4D	220/380	3	50	672/840	1277	656/820	1246	632/790	1201	584/730	1110
	230/400	3	50	672/840	1213	656/820	1184	632/790	1141	584/730	1054
	240/415	3	50	672/840	1166	656/820	1139	632/790	1097	584/730	1014
KH03450TO4D	220/380	3	50	720/900	1338	704/880	1338	632/790	1201	632/790	1201
	230/400	3	50	720/900	1271	704/880	1271	632/790	1141	632/790	1141
	240/415	3	50	720/900	1222	704/880	1222	632/790	1097	632/790	1097
KH04070TO4D	220/380	3	50	720/900	1338	704/880	1338	632/790	1201	632/790	1201
	230/400	3	50	720/900	1271	704/880	1271	632/790	1141	632/790	1141
	240/415	3	50	720/900	1222	704/880	1222	632/790	1097	632/790	1097

RATINGS: All three-phase units are rated at 0.8 power factor. **Standby Ratings:** The standby rating is applicable to varying loads for the duration of a power outage. There is no overload capability for this rating. **Prime Power Ratings:** At varying load, the number of generator set operating hours is unlimited. A 10% overload capacity is available for one hour in twelve. Ratings are in accordance with ISO-8528-1 and ISO-3046-1. For limited running time and continuous ratings, consult the factory. Obtain technical information bulletin (TIB-101) for ratings guidelines, complete ratings definitions, and site condition details. The generator set manufacturer reserves the right to change the design or specifications without notice and without any obligation or liability whatsoever.

G5-594 (KD800-YF) 10/16 Page 1

Engine Specifications		50 Hz	
Manufacturer		Kohler	
Engine model		KD27V12	
Engine type		4-Cycle, Turbocharged, Charge Air Cooled	
Cylinder arrangement		12-V	
Displacement, L (cu. in.)		27 (1648)	
Bore and stroke, mm (in.)		135 x 157 (5.31 x 6.18)	
Compression ratio		15.0:1	
Piston speed, m/min. (ft./min.)		471 (1545)	
Main bearings: quantity, type		7, Precision Half Shells	
Rated rpm		1500	
Max. power at rated rpm, kW/m (BHP)		783 (1050)	
Cylinder head material		Cast Iron	
Crankshaft material		Steel	
Valve (exhaust) material		Steel	
Governor: type, make/model		KODEC Electronic Control	
Frequency regulation, no-load to full load		Isochronous	
Frequency regulation, steady state		±0.25%	
Frequency		Fixed	
Air cleaner type, all models		Dry	
Lubricating System		50 Hz	
Type		Full Pressure	
Oil pan capacity dipstick mark max., L (qt.)		79 (83.5)	
Oil pan capacity, initial filling, L (qt.)		101 (106.7)	
Oil filter: quantity, type		2, Cartridge	
Oil cooler		Water-Cooled	
Fuel System		50 Hz	
Fuel supply line, min. ID, mm (in.)		14 (0.55)	
Fuel return line, min. ID, mm (in.)		14 (0.55)	
Max. fuel flow, Lph (gph)		233 (62)	
Min./max. fuel pressure at engine supply connection, kPa (in. Hg)		-30/90 (-8.8/8.8)	
Max. return line restriction, kPa (in. Hg)		20 (5.9)	
Fuel filter: quantity, type		1, Primary Engine Filter 1, Fuel/Water Separator	
Recommended fuel		#2 Diesel ULSD	
Fuel Consumption		50 Hz	
Diesel, Lph (gph) at % load		Standby Rating	
100%		180 (47.5)	
75%		132 (34.8)	
50%		91 (23.9)	
25%		50 (13.9)	
Diesel, Lph (gph) at % load		Prime Rating	
100%		164 (43.3)	
75%		122 (32.2)	
50%		83 (21.9)	
25%		46 (12.2)	
Radiator System		50 Hz	
Ambient temperature, °C (°F)*		50 (122)	
Engine jacket water capacity, L (gal.)		54.5 (14.4)	
Radiator system capacity, including engine, L (gal.)		103.5 (27)	
Engine jacket water flow, Lpm (gpm)		818 (396)	
Charge cooler air flow, Lps (cfm)		458 (970)	
Charge cooler air inlet temperature, °C (°F)		191 (376)	
Heat rejected to cooling water at rated load, kW (Btu/min.)		290 (16507)	
Heat rejected to charge air cooler at rated load, kW (Btu/min.)		138 (7855)	
Turbocharger boost (abs) bar (psi)		3.05 (44)	
Water pump type		Vane Wheel	
Fan diameter, including blades, mm (in.)		1350 (53.1)	
Fan, kW/m (HP)		28 (38)	
Max. restriction of cooling air, intake and discharge side of radiator, kPa (in. H ₂ O)		0.125 (0.5)	
* Enclosure with enclosed silencer reduces ambient temperature capability by 5°C (9°F).			
Remote Radiator System†		50 Hz	
Exhaust manifold type		Dry	
Connection sizes:			
Water inlet/outlet, mm (in.)		85 (3.35)	
Charge air cooler inlet/outlet (pipe dia. of flange), mm (in.)		127 (5)	
Static head allowable above engine, kPa (ft. H ₂ O)		70 (23.5)	

† Contact your local distributor for cooling system options and specifications based on your specific requirements.

8) *Generator load sharing & synchronising controller: Deep Sea Electronics*
DSE8810



360° View

DSE8810

Load Share Control with Graphical Colour Display

The DSE8810 is an intelligent graphical colour display load share control module packed with industry leading features to enhance multi-set control. The module can be synchronised with up to 32 generators within the same system.

OVERALL SIZE

245 mm x 184 mm x 50 mm (9.6" x 7.2" x 2.0")

PANEL CUTOUT SIZE:

220 mm x 160 mm (8.7" x 6.3")

MAXIMUM PANEL THICKNESS

8.0 mm (0.3")

WEIGHT

0.98kg

PRODUCT VARIANTS

8810-01 - 8810 Load Share Control Module with Graphical Colour Display

SPECIFICATION

DC SUPPLY

CONTINUOUS VOLTAGE RATING

8 V to 35 V continuous

CRANKING DROPOUTS

Able to survive 0 V for 50 ms, providing supply was at least 10 V before dropout and supply recovers to 5 V. This is achieved without the need for internal batteries

MAXIMUM OPERATING CURRENT

600 mA at 12 V, 300 mA at 24 V

MAXIMUM STANDBY CURRENT

330 mA at 12 V, 160 mA at 24

CHARGE FAIL/EXCITATION RANGE

0 V to 35 V

OUTPUTS

OUTPUT A (FUEL)

15 A DC at supply voltage

OUTPUT B (CRANK)

15 A DC at supply voltage

OUTPUTS C & D

8 A AC at 250 V AC (Volt free)

AUXILIARY OUTPUTS E TO L

2 A DC at supply voltage

GENERATOR & BUS

VOLTAGE RANGE

15 V to 333 V AC (L-N)

FREQUENCY RANGE

3.5 Hz to 75 Hz

MAGNETIC PICK-UP

VOLTAGE RANGE

+/- 0.5 V to 70 V

FREQUENCY RANGE

10,000 Hz (max)

BUILT-IN GOVERNOR CONTROL

MINIMUM LOAD IMPEDANCE

1000Ω

Fully isolated

GAIN VOLTAGE

0 V to 10 V DC

Fully isolated

OFF SET VOLTAGE

+/- 10 V DC

Fully isolated

BUILT-IN AVR CONTROL

MINIMUM LOAD IMPEDANCE

1000Ω

Fully isolated

GAIN VOLTAGE

0 V to 10 V DC

Fully isolated

OFF SET VOLTAGE

+/- 10 V DC

Fully isolated

LAMPIRAN F
BIAYA PEMELIHARAAN KOMPONEN-KOMPONEN pada
SISTEM DMP dan HYBRID

- 1) Mesin induk MTU dan Mesin bantu penggerak generator MTU

DATA BIAYA PEMELIHARAAN MESIN MTU




NO	URAIAN PEKERJAAN	JASA	SPARE PART
	Type MTU 16V4000		
1	Biaya pemeliharaan W5 (Top Overhaul)	960.000.000,00	3.602.000.000,00
2	Biaya pemeliharaan W6 (General Overhaul)	1.601.000.000,00	6.003.000.000,00
	Type MTU 8V183 (DG)		
1	Biaya pemeliharaan W5 (Top Overhaul)	143.000.000,00	792.000.000,00
2	Biaya pemeliharaan W6 (General Overhaul)	187.000.000,00	1.322.000.000,00
	Type MTU 12V183 (DG)		
1	Biaya pemeliharaan W5 (Top Overhaul)	175.000.000,00	1.189.000.000,00
2	Biaya pemeliharaan W6 (General Overhaul)	292.000.000,00	1.983.000.000,00



@R.BATA

Marketing department
PT. Peta Keselamatan Kerja
Surabaya 26.05.17.

2) Motor dan generator ABB dengan *rating* 400 kW

ABB		QUOTATION LETTER
Client:		Your Ref. Our Ref. Date
Phone :		
Fax :		
Attn. :		
Subject : Recondition Machine (Motor & Generator) 400 kW; 400 V; 1500 rpm		
Scope of Works and Price		
* L1	=	IDR 6,500,000
* L2	=	IDR 6,500,000
* L3	=	IDR 36,000,000
* L4	=	IDR 68,000,000
*		
*		
*		
Price Condition :		
** Price exclude PPN		
** Price exclude spare parts		
** Price exworks Surabaya Workshop (exclude transportation of the motor)		
Delivery Time		
Term of Payment		
Validity		
Warranty		
Terms and Conditions applied :		
Approved by :		
 PT. ABB SAKTI INDUSTRI		
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX		
Electrical Service Division		
PT. ABB SAKTI INDUSTRI		
Surabaya Service Center : J.L. Mangrove No. 44 Kav. E 1 - 2		
Tandus - Surabaya 66153, East Java, Indonesia		
Phone : 02 31 2977886 Fax : 02 31 2977877		
		
Certificate No.: ID046387		
		
IDIND/SRVFORM/161-14		
Revision : 6		

3) Motor dan generator ABB dengan *rating* 700 kW

<h1>ABB</h1>		<h2>QUOTATION LETTER</h2>
Client: <div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 20px; display: inline-block;"></div>	Your Ref. : Our Ref. : Date :	
Phone : Fax : Attn. : <div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 20px; display: inline-block;"></div>		
<div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">Subject : Recondition Machine (Motor & Generator) 700 kW; 400 V; 1500 rpm</div>		
Scope of Works and Price		
* L1 * L2 * L3 * L4 * * *	= = = = = = =	IDR 9,500,000 IDR 9,500,000 IDR 57,000,000 IDR 89,000,000
<div style="border: 1px solid black; height: 20px; margin-top: 20px;"></div>		
Price Condition :		
** Price exclude PPh		
** Price exclude spare parts		
** Price exworks Surabaya Workshop (exclude transportation of the motor)		
<div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">Delivery Time</div>		
<div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">Term of Payment</div>		
<div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">Validity</div>		
<div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">Warranty</div>		
<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-top: 20px;">Terms and Conditions applied :</div>		
<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-top: 20px;">Approved by :</div>		
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;"> PT. ABB SAKTI INDUSTRI</div>		
<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX Electrical Service Division</div>		
PT. ABB SAKTI INDUSTRI		
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"><div><small>Surabaya Service Center : JL. Mangrove No. 44 Kav. E 1 - 2 Tandies - Surabaya 60153, East Java, Indonesia Phone : 02 31 2977855 Fax : 02 31 2977877</small></div><div style="text-align: center;"><div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;"> Certificate No.: ID040367</div></div><div style="text-align: center;"><div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;"> IDINDIGRIFORM101-14 Revision : 0</div></div></div>		

4) CPP + shafting system

NOMOR	URAIAN	BATASAN DAN PENGECEUALIAN
MAC-0029 ○○○	<p>POROS DAN DAUN BALING - BALING / Propeller and Shafting</p> <p>Rencana : s/d : Durasi : hari</p> <p>POROS DAN DAUN BALING - BALING / Propeller and Shafting Type : CPP Panjang poros est. 3500 mm, ϕ baling-baling 3100 mm, 4 daun 1. Bongkar / pasang skem / pelindung poros baling-baling 1 buah 2. Ukur kelonggaran poros baling - baling dan di buatkan recordnya. 1 buah 3. Bongkar poros dan daun baling - baling ditempat untuk diperiksakan class 1 unit 4. Poros dan daun baling - baling dibawa kebengkel, dibersihkan & disiapkan pemeriksaan sbb: 1 unit 4.1 Daun baling-baling a. Daun baling - baling dilepas dan dicabut dari tempatnya untuk diperiksakan Class 1 unit b. Daun baling - baling di bersihkan, di gerinda / di poles 4 daun c. Daun baling - baling di timbang 4 daun 4.2 Housing blade a. Housing blade dilepas, diperiksa, di cek kelurusannya dimeja kerja (diluar perbaikan dan penggantian) 1 unit Dilaksanakan kontak fit antara housing blade dengan leher daun baling-baling 4 daun Dilaksanakan pengisian grease (mat.ownr). 60kg 1 unit b. Setelah proses perbaikan daun baling - baling dirakit kembali ke tempatnya. 1 unit include 4.3 Poros baling-baling dan poros penggerak a. Poros Penggerak (Hub) - Poros penggerak (hub) shaft dilepas, dibersihkan untuk pemeriksaan 1 unit - Poros penggerak pada nok bintang dimagnafix sesuai petunjuk class 1 unit b. Poros baling-baling - Pemeriksaan kelurusan poros baling - baling di bangku bubut 1 unit - Permukaan dudukan bantalan muka dan belakang dibubut / srempet bubut 1 unit - Permukaan kopling dibubut 1 unit c. Pemeriksaan keretakan poros dengan MPI 1 unit d. Contact surface antara konis poros baling-baling dengan flens kopling 1 unit 5. EVK seal - EVK seal dilepas dan dibawa ke bengkel untuk rekondisi 1 unit - Merekondisi/ bubut simplex seal penekan seal dan flange EVK seal 1 unit - Dilaksanakan penggantian seal dan karet safety pada EVK seal (Mat OS) 1 unit - Ganti baru packing klingrit dia. 1/16" x 650mm 2 unit 6. Setelah proses perbaikan, poros baling - baling dan dirakit kembali di bawah ke kapal & di pasang ke tempatnya seperti semula 1 unit include 7. Dilaksanakan Aligment dudukan bantalan poros baling2 di kapal 1 unit</p>	<p>1 org 1 hari 1 org 1 hari 6 org 3 hari 9 org 4 hari 2 org 1 hari</p> <p>1 H. 2 org 1 H. 2 org 1/2 H. 2 org 2 H. 3 org 1/2 H. 2 org 2 H. 2 org 2 H. 3 org 4 H. 5 org</p>

BIODATA PENULIS



Penulis dilahirkan di Medan pada tanggal 20 Desember 1993 dengan nama lengkap Rahmat Kristomi. Penulis merupakan anak kedua dari pasangan Drs. Vidyatria dan Johanna Gultom, SIP. Penulis telah menempuh pendidikan formal mulai dari SD Swasta St. Antonius V Medan, SMP Swasta St. Thomas 1 Medan, SMA Swasta St. Thomas 1 Medan, sampai diterima di Institut Teknologi Sepuluh Nopember di Departemen Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan melalui jalur SNMPTN Undangan tahun 2012 dan terdaftar dengan NRP 4212 100 023.

Selama menjadi mahasiswa penulis pernah menjadi peserta Kerja Praktik di PT PAL Indonesia, PT Antakesuma Inti Raharja, PT TurboNed Indonesia, dan PT Pelita Samudera Jaya. Dalam ORMAWA, penulis pernah ditunjuk sebagai Ketua Divisi Pengabdian Masyarakat di Departemen Sosial Masyarakat di Badan Eksekutif Mahasiswa Fakultas (BEM-F) periode 2014 – 2015. Mata kuliah yang paling dikuasai penulis selama kuliah adalah Tahanan dan Propulsi Kapal. Maka dari itu, penulis mengambil judul Tugas Akhir tentang propulsi kapal seperti yang tertera pada buku Skripsi ini.